

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-172897

(P2003-172897A)

(43) 公開日 平成15年6月20日 (2003.6.20)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	データ* (参考)
G 0 2 B 26/10	1 0 4	C 0 2 B 26/10	1 0 4 Z 2 C 3 6 2
B 4 1 J 2/44		B 8 1 B 3/00	2 H 0 4 ü
B 8 1 B 3/00		B 4 1 J 3/00	D

審査請求 未請求 請求項の数49 O L (全 30 頁)

(21) 出願番号 特願2002-216250(P2002-216250)

(22) 出願日 平成14年7月25日 (2002.7.25)

(31) 優先権主張番号 特願2001-248851(P2001-248851)

(32) 優先日 平成13年8月20日 (2001.8.20)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(31) 優先権主張番号 特願2001-304069(P2001-304069)

(32) 優先日 平成13年9月28日 (2001.9.28)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000006747

株式会社リコー

東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号

(72) 発明者 佐藤 幸人

東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号 株式
会社リコー内

(72) 発明者 藤井 光美

東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号 株式
会社リコー内

(74) 代理人 100073760

弁理士 鈴木 誠 (外 1 名)

Fターム(参考) 2C362 BA18 BA42 BA49

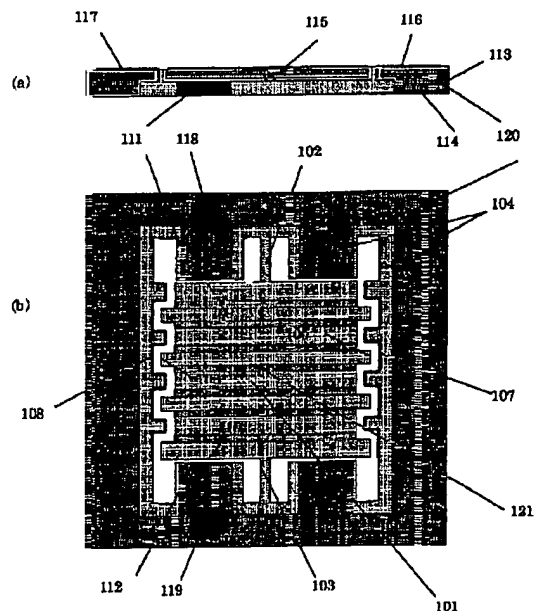
2H045 AB08 AB73 DA02

(54) 【発明の名称】 光走査装置とその製造方法、光書込装置、画像形成装置、振動ミラーチップとその製造方法、光走査モジュール

(57) 【要約】

【課題】 梁をねじり回転軸としてミラー基板を往復振動させる光走査装置において、安定なビーム形状での光走査を可能にする。

【解決手段】 ミラー基板 101 のミラー面 115 の形成されない裏面に、少なくとも梁 102、103 と直交する方向に延びる補強用リブ 121 が形成され、それ以外の領域には肉抜き領域とされる。この補強用リブ 121 を設けることによって、ミラー基板 101 の振動時における変形が効果的に抑えられてミラー面 115 の平坦性が維持されるため、安定したビーム形状での光走査が可能である。補強用リブについては、ミラー基板の外縁をとり囲むように設ける等、様々な態様が開示される。また、ミラー基板を薄膜と枠体とから構成した態様も開示される。



BEST AVAILABLE COPY

【特許請求の範囲】

【請求項1】 同一直線上に設けられた2本の梁で支持されたミラー基板と、前記梁をねじり回転軸として前記ミラー基板を往復振動させるためのミラー駆動手段を有する光走査装置において、前記ミラー基板に、その変形を抑えるための補強部が形成されたことを特徴とする光走査装置。

【請求項2】 前記補強部は、前記ミラー基板のミラー面と反対側の面に形成されることを特徴とする請求項1記載の光走査装置。

【請求項3】 前記補強部は、前記梁と直交する方向に延びる凸条状リブからなることを特徴とする請求項2記載の光走査装置。

【請求項4】 前記補強部は、格子状の凸条状リブからなることを特徴とする請求項2記載の光走査装置。

【請求項5】 前記ミラー基板の前記梁と結合された端部にも前記補強部が形成されたことを特徴とする請求項1、2、3又は4記載の光走査装置。

【請求項6】 前記ミラー基板の、前記ミラー駆動手段の要素である可動電極として作用する端部にも前記補強部が形成されたことを特徴とする請求項1乃至5のいずれか1項記載の光走査装置。

【請求項7】 前記ミラー基板は前記梁を挟んだ両端部分で最も幅が広い平面形状を有することを特徴とする請求項1乃至6のいずれか1項記載の光走査装置。

【請求項8】 同一直線上に設けられた2本の梁で支持されたミラー基板と、前記梁をねじり回転軸として前記ミラー基板を往復振動させるためのミラー駆動手段を有する光走査装置の製造方法であって、シリコン基板を凹状にエッチング加工して、残った凸部で前記ミラー基板の変形を抑えるための補強部を形成することを特徴とする光走査装置の製造方法。

【請求項9】 ねじり梁により支持され前記ねじり梁を回転軸として往復振動するミラー基板を有し、単一の基板を貫通して、前記ねじり梁、前記ミラー基板、及び前記ねじり梁を結合してミラー基板を支持する枠体とが一体形成された光走査装置において、前記ミラー基板は、前記ねじり梁と厚さを同一としたリブの領域と、前記ねじり梁の厚さよりも薄い肉抜き領域とを有することを特徴とする光走査装置。

【請求項10】 前記ミラー基板は、前記ねじり梁を延長して前記ミラー基板を貫通するリブと、前記ミラー基板を縁どりするリブとを有することを特徴とする請求項9記載の光走査装置。

【請求項11】 前記ミラー基板は、前記リブ領域及び前記肉抜き領域のある面と反対側の面にミラー面を有することを特徴とする請求項9記載の光走査装置。

【請求項12】 前記ミラー基板は、前記ねじり梁を延長して前記ミラー基板を貫通する前記リブと交差して、前記ミラー基板を縁どりする前記リブを架橋するリブを

有することを特徴とする請求項10に記載の光走査装置。

【請求項13】 前記ミラー基板を縁どりする前記リブを架橋する前記リブが、前記ねじり梁を延長して前記ミラー基板を貫通する前記リブと直交する方向に通ることを特徴とする請求項12記載の光走査装置。

【請求項14】 前記ミラー基板は、複数の格子状のリブを有することを特徴とする請求項10、12又は13記載の光走査装置。

【請求項15】 前記ミラー基板の重心が、前記ねじり梁を延長して前記ミラー基板を貫通する前記リブ上になるように、前記格子状のリブが配置されたことを特徴とする請求項14記載の光走査装置。

【請求項16】 前記ミラー基板の重心が、前記ねじり梁を延長して前記ミラー基板を貫通する前記リブの中心位置になるように、前記格子状のリブが配置されたことを特徴とする請求項14記載の光走査装置。

【請求項17】 前記リブの交差部位の角が曲線状であることを特徴とする請求項10記載の光走査装置。

【請求項18】 前記ねじり梁と、前記ミラー基板を縁どりする前記リブとが交差する部位の角が曲線状であることを特徴とする請求項10記載の光走査装置。

【請求項19】 前記ミラー基板と前記ねじり梁とは、前記ミラー面と前記ねじり梁の中心軸とが一致する位置関係にあることを特徴とする請求項11記載の光走査装置。

【請求項20】 前記ミラー基板を縁取りする前記リブの、前記ねじり梁と平行な部分に可動電極が設けられ、この可動電極と対向して前記枠体に固定電極が設けられたことを特徴とする請求項10記載の光走査装置。

【請求項21】 前記ミラー基板を縁取りする前記リブの、前記ねじり梁と平行な部分の長さが、前記ねじり梁を延長して前記ミラー基板を貫通する前記リブの長さよりも長いことを特徴とする請求項20記載の光走査装置。

【請求項22】 前記可動電極及び固定電極は歯状であることを特徴とする請求項20記載の光走査装置。

【請求項23】 前記ミラー基板及び前記ねじり梁が単結晶シリコンで形成されていることを特徴とする請求項9記載の光走査装置。

【請求項24】 前記ミラー基板及び前記ねじり梁が同一材料基板の微細加工により一体形成することを特徴とする請求項10記載の光走査装置の製造方法。

【請求項25】 同一材料基板を凹状に微細加工して前記ミラー基板の前記肉抜き領域を形成し、残った凸部で前記ミラー基板の前記リブの領域を形成することを特徴とする請求項10記載の光走査装置の製造方法。

【請求項26】 前記ミラー基板及び該ミラー基板を駆動する手段を、前記ミラー基板で偏向された光ビームを透過される部分と、前記駆動手段との結線のための端子

部とを具備する減圧容器内に収容したことを特徴とする請求項1乃至23のいずれか1項記載の光走査装置。

【請求項27】 請求項1乃至23のいずれか1項記載の光走査装置と、記録信号によって変調された光ビームを前記光走査装置のミラー基板のミラー面へ入射させるための手段と、前記ミラー面で反射された光ビームを被走査面に結像させるための手段とを有することを特徴とする光書込装置。

【請求項28】 請求項1乃至23のいずれか1項記載の光走査装置と、静電潜像担持体と、前記光走査装置のミラー基板のミラー面へ記録信号によって変調された光ビームを入射させるための手段と、前記ミラー面で反射された光ビームを前記静電潜像担持体に結像させるための手段とを有し、前記記録信号にしたがった静電潜像が前記静電潜像担持体上に形成されることを特徴とする画像形成装置。

【請求項29】 ねじり梁で支持され光ビームを偏向するミラー基板と、前記ねじり梁を回転軸として前記ミラー基板をねじり振動させるミラー駆動手段と、を有する振動ミラーチップにおいて、前記ミラー基板は、薄膜状に形成されたミラー部分と、前記ミラー部分に結合する枠体と、を有することを特徴とする振動ミラーチップ。

【請求項30】 前記ミラー部分は、前記枠体が結合される側と反対側にミラー面を有することを特徴とする請求項29記載の振動ミラーチップ。

【請求項31】 前記枠体は、前記ねじり梁の延長上に、前記枠体の内側を架橋する補強梁を有することを特徴とする請求項29又は30記載の振動ミラーチップ。

【請求項32】 前記枠体は、前記回転軸と直交する方向に補強梁を有することを特徴とする請求項29乃至31のいずれか1項記載の振動ミラーチップ。

【請求項33】 前記回転軸に対して線対称であり、前記回転軸の中心を通り前記回転軸と直交する軸に対して線対称である、補強梁を有することを特徴とする請求項29乃至32のいずれか1項記載の振動ミラーチップ。

【請求項34】 前記枠体の内側のかど、前記枠体及び前記補強梁が交わる部位のかど、並びに前記補強梁同士が互いに交わる部位のかどの少なくとも1つは、曲面に形成されることを特徴とする請求項29乃至33のいずれか1項記載の振動ミラーチップ。

【請求項35】 前記枠体及び／又は前記補強梁は、前記ねじり梁と同一の厚さであることを特徴とする請求項29乃至34のいずれか1項記載の振動ミラーチップ。

【請求項36】 前記補強梁は、前記ミラー部分と離隔することを特徴とする請求項31乃至34のいずれか1項記載の振動ミラーチップ。

【請求項37】 前記ミラー部分は、前記ねじり梁の中心軸が前記ミラー部分を通ることを特徴とする請求項29乃至34のいずれか1項記載の振動ミラーチップ。

【請求項38】 前記ミラー部分は、引張応力を有する

薄膜で形成されることを特徴とする請求項29乃至37のいずれか1項記載の振動ミラーチップ。

【請求項39】 前記ミラー部分は、多層膜により形成されることを特徴とする請求項29乃至38のいずれか1項記載の振動ミラーチップ。

【請求項40】 前記ミラー駆動手段は、前記枠体に設けられた可動電極と、前記可動電極と対向する位置に設置される固定電極と、を有することを特徴とする請求項29乃至39のいずれか1項記載の振動ミラーチップ。

【請求項41】 前記可動電極は、櫛歯状であることを特徴とする請求項40記載の振動ミラーチップ。

【請求項42】 請求項29乃至41のいずれか1項記載の振動ミラーチップと、該振動ミラーチップで偏向した光ビームの透過部分と、前記振動ミラーチップの前記ミラー駆動手段に結線する端子部と、を容器内に備えることを特徴とする光走査モジュール。

【請求項43】 さらに前記振動ミラーチップの前記ミラー基板上で前記光ビームを多重反射させる反射光学系を備えることを特徴とする請求項42記載の光走査モジュール。

【請求項44】 光ビームを発生させる光源手段と、該光ビームを走査する請求項42又は43記載の光走査モジュールと、該光走査モジュールによって走査された前記光ビームを結像させる光学系と、を備えることを特徴とする光走査装置。

【請求項45】 前記振動ミラーチップは、前記ミラー部分が前記枠体の結合される側と反対側にミラー面を有し、前記枠体及び該枠体の内側を架橋する前記補強梁が前記ミラー部分と結合していない前記ミラー面の部分で、前記光ビームが反射することを特徴とする請求項44記載の光走査装置。

【請求項46】 請求項44又は45記載の光走査装置と、該光走査装置によって静電潜像を形成する感光体と、前記静電潜像をトナーで顕像化する現像手段と、該現像手段によって顕像化されたトナー像を記録紙に転写する転写手段と、を備えることを特徴とする画像形成装置。

【請求項47】 基板からの、薄膜状のミラー部分と、該ミラー部分と結合する枠体と、該枠体の内側を架橋する補強梁と、を備える振動ミラーチップの製造方法において、

前記基板の前記ミラー部分を形成する側の面に、少なくともミラー層を成膜する成膜ステップと、

前記基板の前記ミラー部分を形成する面と反対側の面に前記枠体及び前記補強梁を残すマスクパターンを形成するマスク形成ステップと、

前記基板の前記ミラー部分を形成する面と反対側の面から基板の貫通エッチングにより前記ミラー部分の外周を貫通する貫通ステップと、を含むことを特徴とする製造方法。

【請求項48】 前記基板は、エッチング停止層を間に有するシリコン基板であり、前記ミラー部分を形成する側の面は、エッチング停止層の面であることを特徴とする請求項47記載の製造方法。

【請求項49】 前記成膜ステップは、さらに応力調節膜の成膜を含むことを特徴とする請求項47又は48記載の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、2本の梁で支持された微小なミラーを、梁をねじり回転軸として往復振動させる構成の光走査装置に関する。

【0002】

【従来の技術】マイクロマシニング技術を応用したこの種の光走査装置は、デジタル複写機、レーザプリンタ等の画像形成装置の光書込系や、バーコードリーダー、スキャナー等の読み取り装置の読取系への応用が有望視されている。

【0003】IBM J.Res.Develop Vol.24 (1980)に掲載されている光走査装置では、同一直線上に設けられた2本の梁で支持されたミラー基板を、ミラー基板に対向する位置に設けた電極との間の静電引力で、2本の梁をねじり回転軸として往復振動させている。マイクロマシニング技術で形成されるこの光走査装置は、従来のモーターを使ったポリゴンミラーの回転による光走査装置と比較して、構造が簡単で半導体プロセスでの一括形成が可能のため、小型化が容易で製造コストも低く、また単一の反斜面であるため複数面による精度のばらつきがなく、さらに往復走査であるため高速化にも対応できる等の効果が期待できる。

【0004】また、The 13th Annual International Workshop on MEMS2000 (2000) 473-478、及び、MEMS1999 333-338 には、ミラー基板の振れ角を大きくするため、その振動領域に電極が重ならないようミラー基板の端面に対向電極を設ける静電駆動のねじり振動型光走査装置が提案されている。これらの光走査装置は、板厚20 μm のシリコンからなる可動電極としてのミラー基板と、ミラー基板端面に微小なギャップを隔てて対向する固定電極の間の静電引力で駆動するもので、両電極は同一部位に形成されている。The 13th Annual International Workshop on MEMS2000 (2000) 473-478 に記載の光走査装置では、ミラー基板を起動させるためのねじり回転軸に対する初期モーメントをあたえるのに、形成プロセスで生じる構造体の微小な非対称性を利用している。一方、MEMS1999 333-338 に記載の光走査装置では、駆動電極に直交する面上に起動のための金属電極薄膜を配備している。

【0005】また、ミラー基板を駆動するための電圧を下げるため、ミラー基板の端部と固定電極とを歯状の形状として両者の対向面積を増加させた光走査装置も提

案されている(特許第2924200号、特許第3011144号)。

【0006】さらに、Optical MEMS 2000 において、薄膜ミラーを使用する振動ミラーチップが試作されており、円形の枠体に引張応力のポリシリコンを形成し、枠体の外側のねじり梁に平行して伸ばした位置に歯状電極を形成し、上下に配置された電極でねじり梁をねじり振動させる機構を備えている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】マイクロマシニング技術を用いて作製されるねじり振動型の光走査装置のミラー基板は、一般にシリコン基板のドライエッチングにより貫通させる方法で形成され、ミラー基板の厚さとしては数10 μm である。たとえば、The 13th Annual International Workshop on MEMS2000 (2000) 473-478 に記載の光走査装置では、板厚30 μm で最大1.5mm \square のミラー基板を形成しており、また、MEMS1999 333-338 に記載された光走査装置では、板厚20 μm で最大3mm \square のミラー基板を形成している。

【0008】このように板厚の薄いミラー基板においても、光源からの光の広がり、あるいは実使用部分での必要ビーム径によっては、ミラー基板の一边を数mmの大きさにしなければならない場合がある。

【0009】ここで、ミラーの慣性モーメントをI、駆動トルクをTrq、角速度を ω 、ミラー振動空間の粘性抵抗を δ とすると、ミラーの振れ角 θ は次式であらわすことができる。

$$\theta = \text{Trq} \times K(\omega, \delta) / I$$

ただし、 $K(\omega, \delta)$ は振動係数である。

【0010】ミラーの重量をM、密度を ρ 、ミラーの幅、長さ、厚さをそれぞれb、a、tとすると、ミラーの慣性モーメントIは次式であらわすことができる。

$$I = M(a^2 + b^2) / 12 \\ = \rho \cdot t \cdot a \cdot b(a^2 + b^2) / 12$$

【0011】これより振れ角を大きくするための構造としては、ミラーを軽くして慣性モーメントを小さくすればよいことがわかる。

【0012】一方、梁のねじり弾性係数をk、ミラーの慣性モーメントをIとすると、ミラーの共振周波数fは、次式であらわすことができる。

$$f = 1 / 2\pi \sqrt{(k / I)}$$

ここで、梁の幅をc、高さをt、長さをLとすると、ねじり弾性係数kは次式であらわすことができる。

$$k = \beta \cdot t \cdot c^3 E / L(1 + \nu)$$

ただし、 β は断面形状係数、Eはヤング率、 ν はポアソン比である。

【0013】これにより、ミラーの共振周波数を高くするためには、梁の断面積を大きくするか長さを短くするかして、ねじり弾性係数を大きくするか、あるいは、ミラーを軽くして慣性モーメントを小さくすればよいこと

がわかる。

【0014】さて、ミラーを軽くして慣性モーメントを小さくすることは、振れ角を大きくするためにも高速動作させるためにも有効であり、特に、振れ角を大きくするための構造的な手段としてミラーの軽量化が不可欠である。しかし、ミラー基板として必要な大きさを維持しつつ軽量化のためにミラーの板厚を薄くすると、高速駆動が要求される場合に、振動時にミラー基板が変形しミラー表面形状を一定に維持することが困難となり、ビーム形状や焦点位置が変動するといった不具合が生じるといった問題があった。また、製造工程で板厚を高精度に制御することが難しく、板厚のばらつきによって共振周波数がばらついてしまうという問題もあった。

【0015】またOptical MEMS 2000 の報告において、ミラーを薄膜で作製し周囲を枠体で支持した光スキャナーが試作されているが、現状では大きさが1mm以下であり、これをそのまま大型のミラーに対応させて使用する場合には、高周波数での動作時にミラーが変形したり、又はミラーを支持している周囲の枠体が薄膜のミラーの引張応力によって変形するといった問題があった。

【0016】本発明は以上に述べたような問題点に鑑みてなされたものであり、その主たる目的は、大型のミラー基板を大きな振れ角で高速動作させた場合でもミラー面の変形が小さく安定な光走査が可能な光走査装置もしくは振動ミラーチップ、並びに、それらを用いた光走査モジュール、光書込装置及び画像形成装置を提供することにある。また、本発明のもう1つの目的は、そのような光走査装置もしくは振動ミラーチップを簡単かつ低コストで製造する方法を提供することにある。

【0017】

【課題を解決するための手段】本発明による光走査装置は、請求項1に記載のように、同一直線上に設けられた2本の梁で支持されたミラー基板と、前記梁をねじり回転軸として前記ミラー基板を往復振動させるためのミラー駆動手段を有する基本構成であるが、前記ミラー基板に、その変形を抑えるための補強部が形成されたことを特徴とするものである。前述のように、ミラー基板が大きく板厚が薄くなると、高周波数での振動時にミラー基板が変形しやすいが、本発明の光走査装置では、ミラー基板に形成された補強部によって、そのような変形を抑えてミラー面の平坦性を維持できるため、ビーム形状や焦点位置が安定する。

【0018】本発明による光走査装置のもう1つの特徴は、請求項2に記載のように、補強部がミラー基板のミラー面と反対側の面に形成されることであり、補強部が形成されてもミラー面は全面を使用可能であるため、使用できるビーム形状の自由度が大きく、光走査装置の汎用性が増す。

【0019】本発明による光走査装置のもう1つの特徴は、請求項3に記載のように、補強部が梁と直交する方

向に延びる凸条状リブからなることであり、ミラー基板の慣性モーメントの増加を出来るかぎり抑えつつ、もともと変形を生じやすいミラー基板の梁から遠い部分の変形を効果的に抑制することができる。また、凸条からなる補強部は、後述のように半導体プロセスによってミラー基板と容易に一体形成することができる。

【0020】本発明による光走査装置のもう1つの特徴は、請求項4に記載のように、補強部が格子状の凸条状リブからなることであり、ミラー基板のねじれ変形も効果的に抑制し、安定なビーム形状での光走査が可能となる。また、このような格子状の凸条状リブからなる補強部も半導体プロセスによって容易にミラー基板と一体形成することができる。

【0021】本発明による光走査装置のもう1つの特徴は、請求項5に記載のように、ミラー基板の梁と結合された端部にも補強部が形成されることであり、この端部の補強部によりミラー基板の変形をより確実に抑制することができるとともに、梁とミラー基板との結合断面積を増やしてその結合強度を高め光走査装置の信頼性を向上させることができる。

【0022】本発明による光走査装置のもう1つの特徴は、請求項6に記載のように、ミラー駆動手段の要素である可動電極として作用するミラー基板端部にも補強部が形成されることであり、その補強部によって、補強効果が高まるだけでなく、可動電極の面積を増加させてミラー基板の駆動電圧を下げる可以降低することができる。

【0023】本発明による光走査装置のもう一つの特徴は、請求項7に記載のように、ミラー基板を梁を挟んだ両端部分で最も幅が広い平面形状とすることであり、ミラー基板の慣性モーメントを小さくして駆動電圧の低電圧化を図ることができる。

【0024】また、本発明による光走査装置の製造方法の特徴は、請求項8に記載のように、シリコン基板を凹状にエッチング加工して、残った凸部でミラー基板の変形を抑えるための補強部を形成することであり、ミラー基板と補強部を半導体プロセスを用いて一体成形できるので、ミラー基板の変形を抑えてミラー面の平坦性を維持することにより安定した光ビーム形状で光走査が可能な光走査装置を、低コストで製造可能となる。

【0025】また、本発明による光走査装置は、請求項9に記載のように、ねじり梁により支持され前記ねじり梁を回転軸として往復振動するミラー基板を有し、単一の基板を貫通して、前記ねじり梁、前記ミラー基板、及び前記ねじり梁を結合してミラー基板を支持する枠体とが一体形成された光走査装置において、前記ミラー基板は、前記ねじり梁と厚さを同一としたリブの領域と、前記ねじり梁の厚さよりも薄い肉抜き領域とを有することを特徴とする。このような構成の光走査装置は、支持部から可動部にかけて一体形成されているため、強度が高く耐久性に優れ、また、リブ構造によりミラー基板を軽

量化しつつ剛性を維持できるので、その平板部は静止時にだけでなく振動時にもひずむことなく平坦性を維持できるので、常に安定したビーム形状での光走査が可能となる。

【0026】本発明による光走査装置のもう1つの特徴は、請求項10に記載のように、前記ミラー基板は、前記ねじり梁を延長して前記ミラー基板を貫通するリブと、前記ミラー基板を縁どりするリブとを有することにある。このような構成の光走査装置は、振動時においてミラーを縁取りするリブによって、ねじり梁に直交する方向及び平行な方向の変形を低減することができ、さらに、ねじり梁を延長してミラー基板を貫通するリブによって、振動の中心軸の位置精度を向上させる効果があることから、安定した走査ビーム形状を得ることができる。

【0027】本発明による光走査装置のもう1つの特徴は、請求項11に記載のように、前記ミラー基板は、前記リブ領域及び前記肉抜き領域のある面と反対側の面にミラー面を有することにある。このような構成によれば、ミラー面全面が使用できるので、使用できるビーム形状の自由度が大きく汎用性が向上する。

【0028】本発明による光走査装置のもう1つの特徴は、請求項12に記載のように、前記ミラー基板は、前記ねじり梁を延長して前記ミラー基板を貫通する前記リブと交差して、前記ミラー基板を縁どりする前記リブを架橋するリブを有することにある。このように、ミラー基板を縁どりするリブを架橋するリブは、振動時に慣性力が大きくきいてくる方向のリブであるため、ミラー基板の変形を効果的に低減することができ、安定した走査ビーム形状を得ることができる。

【0029】本発明による光走査装置のもう1つの特徴は、請求項13に記載のように、前記ミラー基板を縁どりする前記リブを架橋する前記リブが、前記ねじり梁を延長して前記ミラー基板を貫通する前記リブと直交する方向に通ることにある。すなわち、慣性力が大きくきいてくる方向にリブが最短の長さで配置されることになるため、ミラー基板の変形を効果的に低減することができ、安定した走査ビーム形状を得ることができると同時に、同リブによるミラー基板の重量増加を最小限に抑え、振れ角の減少を最小にすることができる。

【0030】本発明による光走査装置のもう1つの特徴は、請求項14に記載のように、前記ミラー基板は複数の格子状のリブを有することにより、ねじり梁に直交する方向及び平行な方向のミラー基板の変形をより小さくすることができ、ミラー基板のねじれ変形にも強くなるため、安定した走査ビーム形状を得ることができ、かつ、ミラー基板の重量増加を最小限に抑えることができるため、振れ角の減少を最小にすることができる。

【0031】本発明による光走査装置のもう1つの特徴は、請求項15に記載のように、前記ミラー基板の重心

が、前記ねじり梁を延長して前記ミラー基板を貫通する前記リブ上になるように、前記格子状のリブが配置されたことにある。このように、ミラー基板の重心が回転軸上にくるようにするとミラー基板の振動が安定し、したがって安定した走査ビーム形状を得ることができる。

【0032】本発明による光走査装置のもう1つの特徴は、請求項16に記載のように、前記ミラー基板の重心が、前記ねじり梁を延長して前記ミラー基板を貫通する前記リブの中心位置になるように、前記格子状のリブが配置されたことにある。このように、ミラー基板の重心が回転軸上の回転軸方向の中心にくるため、ミラー基板の梁方向の変形も少ない安定した振動が得られ、より安定した走査ビーム形状を得ることができる。

【0033】本発明による光走査装置のもう1つの特徴は、請求項17に記載のように、前記リブの交差部位の角が曲線状であることにあり、その部位での振動時の応力集中が緩和され、そこからの亀裂の発生が減るため、耐久性が向上する。

【0034】本発明による光走査装置のもう1つの特徴は、請求項18に記載のように、前記ねじり梁と、前記ミラー基板を縁どりする前記リブとが交差する部位の角が曲線状であることにあり、その部位での振動時の応力集中が緩和され、そこからの亀裂の発生が減るため、耐久性が向上する。

【0035】本発明による光走査装置のもう1つの特徴は、請求項19に記載のように、前記ミラー基板と前記ねじり梁とは、前記ミラー面と前記ねじり梁の中心軸とが一致する位置関係にあることにある。このような位置関係とすることにより、ミラー面に照射されるビームのねじり回転時の位置ずれがなくなり、反射ビームの走査位置精度を向上させることができる。

【0036】本発明による光走査装置のもう1つの特徴は、請求項20に記載のように、前記ミラー基板を縁取りする前記リブの、前記ねじり梁と平行な部分に可動電極が設けられ、この可動電極と対向して前記枠体に固定電極が設けられたことにある。このような構成によれば、電極の板厚方向の長さを大きくとることにより電極面積を増加させ、駆動電圧を上げることなく大きな静電トルクを得て振れ角を増加させることができる。

【0037】本発明による光走査装置のもう1つの特徴は、請求項21に記載のように、前記ミラー基板を縁取りする前記リブの、前記ねじり梁と平行な部分の長さが、前記ねじり梁を延長して前記ミラー基板を貫通する前記リブの長さよりも長いことにある。このような構成によれば、可動電極の長さを大きくとれるため、電極面積をさらなる増加が可能であり、したがって、駆動電圧を上げることなく静電トルクをさらに増加させさせ、より大きな振れ角でミラー基板を振動させることが可能になる。

【0038】本発明による光走査装置のもう1つの特徴

は、請求項22に記載のように、前記可動電極及び固定電極は櫛歯状であることにある。このように櫛歯状の電極構造は、平面的な電極構造に比べ電極面積を大きくすることができるので、同一電圧での静電トルクをより大きくしてより振れ角を大きくすることができる。

【0039】本発明による光走査装置のもう1つの特徴は、請求項23に記載のように、前記ミラー基板及び前記ねじり梁が単結晶シリコンで形成されていることにある。構造材料に欠陥が少ないため信頼性が高く、耐久性も優れ、かつ、加工が容易であるためコスト的にも有利である。

【0040】本発明による光走査装置の製造方法の特徴は、請求項24に記載のように、前記ミラー基板及び前記ねじり梁が同一材料基板の微細加工により一体形成することにある。可動部が一体形成されるため、強度が高く耐久性に優れる。

【0041】本発明による光走査装置の製造方法のもう1つの特徴は、請求項25に記載のように、同一材料基板を凹状に微細加工して前記ミラー基板の前記肉抜き領域を形成し、残った凸部で前記ミラー基板の前記リブの領域を形成することにある。製造工程が簡単になるためのコスト的に有利である。

【0042】本発明による光走査装置のもう1つの特徴は、請求項26に記載のように、前記ミラー基板及び該ミラー基板を駆動する手段を、前記ミラー基板で偏向された光ビームを透過される部分と、前記駆動手段との結線のための端子部とを具備する減圧容器内に収容したことにある。このような構成によれば、ミラー基板の振動空間の粘性抵抗が小さくなるため、小さな駆動トルクで大きな振れ角を得ることができる。

【0043】本発明による光走査装置の特徴は、請求項27に記載のように、請求項1乃至23のいずれか1項記載の光走査装置と、記録信号によって変調された光ビームを前記光走査装置のミラー基板のミラー面へ入射させるための手段と、前記ミラー面で反射された光ビームを被走査面に結像させるための手段とを有することにある。このような構成の光走査装置は、光走査装置を低電圧で駆動できるため消費電力が小さく、ミラー基板の往復振動時の風切り音が小さいので静粛性の面でも優れる。また、光走査装置のミラー基板として大きく精度の高いものを使用できるため、使用できるビーム形状の自由度が大きく汎用性の面でも優れる。

【0044】本発明による画像形成装置の特徴は、請求項28に記載のように、請求項1乃至23のいずれか1項記載の光走査装置と、静電潜像担持体と、前記光走査装置のミラー基板のミラー面へ記録信号によって変調された光ビームを入射させるための手段と、前記ミラー面で反射された光ビームを前記静電潜像担持体に結像させるための手段とを有し、前記記録信号にしたがった静電潜像が前記静電潜像担持体上に形成されることにある。

安定した光ビーム形状で静電潜像担持体を光走査して画像形成を行うことが可能であるとともに、消費電力及び静粛性の面で優れる。

【0045】請求項29記載の発明は、ねじり梁で支持され光ビームを偏向するミラー基板と、前記ねじり梁を回転軸として前記ミラー基板をねじり振動させるミラー駆動手段と、を有する振動ミラーチップにおいて、前記ミラー基板は、薄膜状に形成されたミラー部分と、前記ミラー部分に結合する枠体と、を有することを特徴とする。

【0046】請求項29記載の発明によれば、前記ミラー基板は、薄膜状に形成されたミラー部分と、前記ミラー部分に結合する枠体と、を有するので、ミラー基板が大型かつ軽量で振れ角が大きく、また動作時におけるミラー基板の変形が低減され、安定したビーム形状を得ることができる振動ミラーチップを提供することができる。

【0047】請求項30記載の発明は、請求項29記載の振動ミラーチップにおいて、前記ミラー部分は、前記枠体が結合される側と反対側にミラー面を有することを特徴とする。

【0048】請求項30記載の発明によれば、前記ミラー部分は、前記枠体が結合される側と反対側にミラー面を有するので、ミラー面の全面を有効に利用することができ、ビームの損失がない。

【0049】請求項31記載の発明は、請求項29又は30記載の振動ミラーチップにおいて、前記枠体は、前記ねじり梁の延長上に、前記枠体の内側を架橋する補強梁を有することを特徴とする。

【0050】請求項31記載の発明によれば、前記枠体は、前記ねじり梁の延長上に、前記枠体の内側を架橋する補強梁を有するので、動作時にねじり梁を通る回転軸が安定して、動作時における枠体のねじり梁方向の変形を低減し、不要な振動モードを抑えて、安定したビーム形状を得ることができる。

【0051】請求項32記載の発明は、請求項29乃至31のいずれか1項記載の振動ミラーチップにおいて、前記枠体は、前記回転軸と直交する方向に補強梁を有することを特徴とする。

【0052】請求項32記載の発明によれば、前記枠体は、前記回転軸と直交する方向に補強梁を有するので、動作時におけるミラー部分の回転方向の変形を低減でき、安定したビーム形状を得ることができる。

【0053】請求項33記載の発明は、請求項29乃至32のいずれか1項記載の振動ミラーチップにおいて、前記回転軸に対して線対称であり、前記回転軸の中心を通り前記回転軸と直交する軸に対して線対称である、補強梁を有することを特徴とする。

【0054】請求項33記載の発明によれば、前記回転軸に対して線対称であり、前記回転軸の中心を通り前記

回転軸と直交する軸に対して線対称である、補強梁を有するので、動作時にミラー部分全体に亘って均等に変形を低減できるので、安定したビーム形状を得ることができる。

【0055】請求項34記載の発明は、請求項29乃至33のいずれか1項記載の振動ミラーチップにおいて、前記枠体の内側のかど、前記枠体及び前記補強梁が交わる部位のかど、並びに前記補強梁同志が互いに交わる部位のかどの少なくとも1つは、曲面に形成されることを特徴とする。

【0056】請求項34記載の発明によれば、前記枠体の内側のかど、前記枠体及び前記補強梁が交わる部位のかど、並びに前記補強梁同志が互いに交わる部位のかどの少なくとも1つは、曲面に形成されるので、かどの部分への応力集中を緩和することができ、動作時又は取り扱い時のミラー基板の破損を低減させることができる。

【0057】請求項35記載の発明は、請求項29乃至34のいずれか1項記載の振動ミラーチップにおいて、前記枠体及び／又は前記補強梁は、前記ねじり梁と同一の厚さであることを特徴とする。

【0058】請求項35記載の発明によれば、前記枠体及び／又は前記補強梁は、前記ねじり梁と同一の厚さであるので、ねじり梁、枠体、及び補強梁の同時形成が可能となり、低コストで振動ミラーチップを形成できる。

【0059】請求項36記載の発明は、請求項31乃至34のいずれか1項記載の振動ミラーチップにおいて、前記補強梁は、前記ミラー部分と離隔することを特徴とする。

【0060】請求項36記載の発明によれば、前記補強梁は、前記ミラー部分と離隔するので、枠体は補強梁によりその剛性を十分に維持し、かつミラー部分は歪みがほとんど無く、平坦性の高い面精度を得ることができる。

【0061】請求項37記載の発明は、請求項29乃至34のいずれか1項記載の振動ミラーチップにおいて、前記ミラー部分は、前記ねじり梁の中心軸が前記ミラー部分を通ることを特徴とする。

【0062】請求項37記載の発明によれば、前記ミラー部分は、前記ねじり梁の中心軸が前記ミラー部分を通るので、ミラー部分に振動の中心軸が通ることとなり、光学設計が容易となる。

【0063】請求項38記載の発明は、請求項29乃至37のいずれか1項記載の振動ミラーチップにおいて、前記ミラー部分は、引張応力を有する薄膜で形成されることを特徴とする。

【0064】請求項38記載の発明によれば、前記ミラー部分は、引張応力を有する薄膜で形成されるので、引張応力により薄膜の枠体の内側における平坦性を確保することができ、安定したビーム形状を得ることができる。

【0065】請求項39記載の発明は、請求項29乃至38のいずれか1項記載の振動ミラーチップにおいて、前記ミラー部分は、多層膜により形成されることを特徴とする。

【0066】請求項39記載の発明によれば、前記ミラー部分は、多層膜により形成されるので、複数の様々な機能を有する薄膜を活用してミラー部分を設計することができ、構造及工程における設計の自由度が高く、高性能な振動ミラーチップを低コストで作製することができる。

【0067】請求項40記載の発明は、請求項29乃至39のいずれか1項記載の振動ミラーチップにおいて、前記ミラー駆動手段は、前記枠体に設けられた可動電極と、前記可動電極と対向する位置に設置される固定電極と、を有することを特徴とする。

【0068】請求項40記載の発明によれば、前記ミラー駆動手段は、前記枠体に設けられた可動電極と、前記可動電極と対向する位置に設置される固定電極と、を有するので、電極構造が簡単であり製造コストが安く、効率よくミラー基板を駆動することができる。

【0069】請求項41記載の発明は、請求項40記載の振動ミラーチップにおいて、前記可動電極は、櫛歯状であることを特徴とする。

【0070】請求項41記載の発明によれば、前記可動電極は、櫛歯状であるので、電極面積が大きく、従って駆動トルクを大きくすることができ、ミラー基板の振れ角を大きくすることができる。

【0071】請求項42記載の発明は、光走査モジュールにおいて、請求項29乃至41のいずれか1項記載の振動ミラーチップと、該振動ミラーチップで偏向した光ビームの透過部分と、前記振動ミラーチップの前記ミラー駆動手段に結線する端子部と、を容器内に備えることを特徴とする。

【0072】請求項42記載の発明によれば、請求項29乃至41のいずれか1項記載の振動ミラーチップと、該振動ミラーチップで偏向した光ビームの透過部分と、前記振動ミラーチップの前記ミラー駆動手段に結線する端子部と、を容器内に備えるので、ミラー基板が大型かつ軽量で振れ角が大きく、また動作時におけるミラー基板の変形が低減され、安定したビーム形状を得ることができる振動ミラーチップを備える光走査モジュールを提供することができる。

【0073】請求項43記載の発明は、請求項42記載の光走査モジュールにおいて、さらに前記振動ミラーチップの前記ミラー基板上で前記光ビームを多重反射させる反射光学系を備えることを特徴とする。

【0074】請求項43記載の発明によれば、さらに前記振動ミラーチップの前記ミラー基板上で前記光ビームを多重反射させる反射光学系を備えるので、ミラー基板の振れ角が小さくても、光走査モジュールからの光ビー

ムの射出角を大きくすることができる。

【0075】請求項44記載の発明は、光走査装置において、光ビームを発生させる光源手段と、該光ビームを走査する請求項42又は43記載の光走査モジュールと、該光走査モジュールによって走査された前記光ビームを結像させる光学系と、を備えることを特徴とする。

【0076】請求項44記載の発明によれば、光ビームを発生させる光源手段と、該光ビームを走査する請求項14又は15記載の光走査モジュールと、該光走査モジュールによって走査された前記光ビームを結像させる光学系と、を備えるので、ミラー基板が大型かつ軽量で振れ角が大きく、また動作時におけるミラー基板の変形が低減され、安定したビーム形状を得ることができる振動ミラーチップを備える光走査装置を提供することができる。振動ミラーチップが小さいので光走査装置を小型化でき、一又は複数の光走査装置を配列することができる。

【0077】請求項45記載の発明は、請求項44記載の光走査装置において、前記振動ミラーチップは、前記ミラー部分が前記枠体の結合される側と反対側にミラー面を有し、前記枠体及び該枠体の内側を架橋する前記補強梁が前記ミラー部分と結合していない前記ミラー面の部分で、前記光ビームが反射することを特徴とする。

【0078】請求項45記載の発明によれば、前記振動ミラーチップは、前記ミラー部分が前記枠体の結合される側と反対側にミラー面を有し、前記枠体及び該枠体の内側を架橋する前記補強梁が前記ミラー部分と結合していない前記ミラー面の部分で、前記光ビームが反射するので、ミラー面の歪みが無く平坦性の高い部分で光ビームを反射し、安定したビーム形状を得ることができる。

【0079】請求項46記載の発明は、画像形成装置において、請求項44又は45記載の光走査装置と、該光走査装置によって静電潜像を形成する感光体と、前記静電潜像をトナーで顕像化する現像手段と、該現像手段によって顕像化されたトナー像を記録紙に転写する転写手段と、を備えることを特徴とする。

【0080】請求項46記載の発明によれば、請求項44又は45記載の光走査装置と、該光走査装置によって静電潜像を形成する感光体と、前記静電潜像をトナーで顕像化する現像手段と、該現像手段によって顕像化されたトナー像を記録紙に転写する転写手段と、を備えるので、ミラー基板が大型かつ軽量で振れ角が大きく、また動作時におけるミラー基板の変形が低減され、安定したビーム形状を得ることができる振動ミラーチップを備える画像形成装置を提供し、振動ミラーチップが小型である為、画像形成装置を小型化することができ、さらに、光走査装置の騒音、振動を小さくすることができる。

【0081】請求項47記載の発明は、基板からの、薄膜状のミラー部分と、該ミラー部分と結合する枠体と、該枠体の内側を架橋する補強梁と、を備える振動ミラー

チップの製造方法において、前記基板の前記ミラー部分を形成する側の面に、少なくともミラー層を成膜する成膜ステップと、前記基板の前記ミラー部分を形成する面と反対側の面に前記枠体及び前記補強梁を残すマスクパターンを形成するマスク形成ステップと、前記基板の前記ミラー部分を形成する面と反対側の面から基板の貫通エッチングにより前記ミラー部分の外周を貫通する貫通ステップと、を含むことを特徴とする。

【0082】請求項47記載の発明によれば、前記基板の前記ミラー部分を形成する側の面に、少なくともミラー層を成膜する成膜ステップと、前記基板の前記ミラー部分を形成する面と反対側の面に前記枠体及び前記補強梁を残すマスクパターンを形成するマスク形成ステップと、前記基板の前記ミラー部分を形成する面と反対側の面から基板の貫通エッチングにより前記ミラー部分の外周を貫通する貫通ステップと、を含むので、本発明は、簡単に低コストな振動ミラーチップの製造方法を提供することができる。

【0083】請求項48記載の発明は、請求項47記載の製造方法において、前記基板は、エッチング停止層を間に有するシリコン基板であり、前記ミラー部分を形成する側の面は、エッチング停止層の面であることを特徴とする。

【0084】請求項48記載の発明によれば、前記基板は、エッチング停止層を間に有するシリコン基板であり、前記ミラー部分を形成する側の面は、エッチング停止層の面であるので、エッチング停止層の両面上のシリコン基板を容易にエッチングすることができ、振動ミラーチップを容易に製造できる。

【0085】請求項49記載の発明は、請求項47又は48記載の製造方法において、前記成膜ステップは、さらに応力調節膜の成膜を含むことを特徴とする。

【0086】請求項49記載の発明によれば、前記成膜ステップは、さらに応力調節膜の成膜を含むので、応力調節膜を積層することによりミラー部分の応力を容易に調節することができる。

【0087】

【発明の実施の形態】以下、添付図面を参照して、本発明の実施の形態について説明する。

【0088】本発明の第1の実施例による光走査装置の構成を図1に示す。図1の(a)は光走査装置の概略中央断面図、(b)は光走査装置の概略裏面図である。

【0089】図1において、101はミラー基板であり、その対向した2つの端部109,110の中央部で、一直線上に設けられた2本のねじり梁102,103によって支持されている。ミラー基板101は、略正方形の平板部の表面(図1(a)では上面)に使用光に対し十分な反射率をもつ金属薄膜115がミラー面として形成され、その平板部の裏面に補強部として、ねじり梁102,103と直交する方向に延びる補強用凸条121(以下、リブと記す)が複

数本並べて形成された構造である。ミラー基板101の裏面において、リブ121の領域の厚さはねじり梁102,103の厚さと同じとなっている。つまり、このリブ領域以外の領域は、ねじり梁102,103より薄い肉抜き領域となっている。ねじり梁102,103は、光走査装置として必要な共振周波数が得られるようなねじり剛性を持つ寸法を有し、内フレーム（枠体）104に固定されている。この内フレーム104は、それより板厚の大きい外フレーム（枠体）120で周囲を固定されている。

【0090】この光走査装置は、静電力を利用して、ミラー基板101を梁102,103をねじり回転軸として往復振動させるためのミラー駆動手段を有する。このミラー駆動手段は、具体的には以下に説明するように、駆動用の固定電極と可動電極、起動用の固定電極と可動電極からなり、これら可動電極としてはミラー基板101の端部が利用される。

【0091】ミラー基板101の梁102,103に支持されていない端部105,106は歯状形状をなしており、同一部位の内フレーム104に設けられた同じく歯状形状の駆動用の固定電極107,108に、微小ギャップをへだてて噛み合うかたちで対向している。この歯状端部105,106が駆動用可動電極として作用する。また、ミラー基板101の梁102,103に支持されている端部109,110は直線形状をなしており、それと基板厚さ方向にずらして外フレーム120に設けられた、同じく直線形状の起動用の固定電極111,112と、微小ギャップをへだてて対向している。この固定電極111,112と対向するミラー基板端部109,110の部分は起動用可動電極として作用する。

【0092】内フレーム104と外フレーム120は導電性材料からなる一体構造であり、その表面には絶縁材料113が形成されている。外フレーム120の内側端面の絶縁材料上には、ミラー基板101の端部109,110に近接対向する位置に前記起動用固定電極111,112がそれぞれ形成されている。この部位において、外フレーム120はミラー基板101よりも厚くなっており、ミラー基板端部109,110と固定電極111,112とは基板厚さ方向にずらされ、相互に重ならない位置関係とされている。

【0093】また、外フレーム120の一部には絶縁材料113が除かれて導電性材料が露出した部分が形成され、その部分に電極引き出し用のパッド114が形成されている。内フレーム104の歯状形状端面に形成された駆動用固定電極107,108と、外フレーム120の内側端面に形成された起動用固定電極111,112は、外フレーム120の表面に形成されたパッド116,117と裏面に形成されたパッド118,119まで引き出されている。

【0094】このような構成の光走査装置の動作を図2を参照して説明する。2本の梁102,103で支持されたミラー基板101は、外フレーム120上に形成された電極引き出し用パッド114を介して接地される。起動用の固定電極111,112に例えば50Vの電圧を印加すると、例えば5

μm のギャップを隔てて互いに重ならないように基板厚さ方向にずらして設けられている起動用固定電極111,112とミラー基板101の端部109,110との間に静電引力が働くため、ミラー基板101は梁102,103はねじり回転軸として図中反時計回り方向に駆動され、最終的に、図2(a)に丸Aで囲って示すように、ミラー基板端部109,110が起動用固定電極111,112と一部が重なる位置までミラー基板101が振られることにより、駆動用固定電極107,108とミラー基板101の端部105,106との間に振動開始に必要な大きさの段差が生じる。なお、本発明の光走査装置の構造では、起動用固定電極111,112を段差方向に広く形成することが容易であり、そうすることによって梁102,103のねじり剛性が大きい場合にも起動に必要な段差を生じさせることができる。

【0095】次に、起動用固定電極111,112への電圧印加を断つと同時に駆動用固定電極107,108に例えば50Vの電圧を印加すると、同電極とミラー基板101の端部105,106との間に働く静電引力と梁102,103のねじり剛性によって、ミラー基板101は時計回り方向に振れる。図2(b)に示すようにミラー基板101が水平位置に到達した時点で駆動用固定電極107,108への電圧印加を断つと、ミラー基板101は慣性モーメントにより時計回り方向にさらに振れ、最終的に図2(c)に示すように慣性モーメントと梁102,103のねじり剛性とはつりあう位置まで振れる。その直後に駆動用固定電極107,108に再び電圧を印加すると、静電引力と梁102,103のねじり剛性によりミラー基板101は反時計回り方向に振れる。そして、図2(d)のようにミラー基板101が再び水平位置に達した時点で駆動用固定電極107,108への電圧印加を断つと、ミラー基板101は慣性モーメントと梁102,103のねじり剛性とはつりあう位置までさらに振れる。

【0096】このような駆動用固定電極107,108によるミラー基板101の駆動周波数をミラー基板101の共振周波数に設定することにより、起動用固定電極111,112による起動時の変位よりも大きな振れ角でミラー基板101を往復振動（揺動）させることができる。

【0097】このような駆動方法における、ミラー走査角と駆動パルスのタイミングを図3に示す。図示のように、走査角が最大となる時間からのパルス印加開始の遅れを δ として、走査角が0となる画像中央にむけてミラーが移動する時間Tだけ駆動パルスを印加する。つまり、1周期の間に2回のパルス駆動することになる。

【0098】本実施例の光走査装置においては、ミラー基板101の面積を大きくしたうえで所定の慣性モーメントとなるようにミラー基板101の平板部の板厚を薄くしても、ミラー基板101の平板部の裏面に設けた補強用リブ121によって、静止時及び振動時におけるミラー基板101の変形を効果的に抑えることができる。よって、高周波数での振動時にもミラー面の平坦性が維持されるため、安定したビーム形状での光走査が可能である。な

お、リブ121は、ミラー基板101の慣性モーメントの増加をできるかぎり抑えつつ十分な補強効果を発揮させるのに好適な形状である。また、ミラー基板101の変形は梁102,103から離れた部分で生じやすいが、本実施例のように梁102,103と直交する方向に延びるリブ121によれば、そのような部分での変形を効果的に抑制することができる。また、ミラー基板101の平板部の裏面(ミラー面と反対側の面)に補強用リブ121が設けられるため、平板部表面全体をミラー面として利用でき、したがって、本実施例の光走査装置は使用できるビーム形状の自由度が大きく汎用性が高い。さらに、ミラー基板101の裏面に設けられるリブ121は、図4(d)及び図5(e)に関連して説明するように、シリコン基板を凹状にエッチング加工する際に凸部として残す方法により容易に形成することができるため、光走査装置の製造プロセスの複雑化を招かない。

【0099】次に、以上に説明したような構成の本発明の光走査装置の製造方法の一例について、図4乃至図6を参照して説明する。以下に述べる製造プロセスは、後記の第2実施例、第3実施例及び第4実施例の光走査装置にも同様に適用し得ることは明らかである。

【0100】光走査装置のミラー基板、ねじり梁、フレームの材料としては、高精度の微細加工が容易であることと、それぞれの部材全体を共通の電極として使用できるようになることから、高濃度の不純物が含まれた低抵抗のシリコン基板が用いられる。

【0101】まず、両面研磨された例えば厚さ200 μ mのシリコン基板201の片面に、シリコンを深くエッチングするためのマスクとして高粘度耐熱レジスト202を例えば100 μ mの厚さで塗布する(図4(a))。ここで使用されるマスク材としては、シリコンとの密着性がよく、エッチング時の選択比が100 μ mのシリコンエッチング時にもマスクとして残る程度に大きく、かつエッチング後には容易に除去できるような材料であればよく、また、Niメッキ膜等を利用してよい。

【0102】次に、このレジストを露光、現像することで内フレーム形状にパターンニングする(図4(b))。

【0103】このレジストをマスクとして、エッチング速度が大きく異方性の高いドライエッチング装置(ICP-RIE)を用いて、シリコン基板を内フレーム形状に例えば100 μ mの深さまでエッチング除去する(図4(c))。ここで形成されたエッチング端面の段差部分に、後工程で起動用の固定電極111,112が形成される。

【0104】レジスト202を溶解、除去した後、段差の形成された基板に再び高粘度耐熱レジスト203を例えば100 μ mの厚さで塗布し、露光、現像することで補強用凸条121の形状にパターンニングする(図4(d))。

【0105】そして、このレジストをマスクとして、100 μ mまで薄くした部分のシリコン基板をドライエッチング装置(ICP-RIE)を用いて補強用リブ121の形状に例え

ば50 μ mの深さまでエッチング除去する(図5(e))。

【0106】次に、内フレーム104の形状にエッチングした面と反対側のシリコン基板面に、高粘度耐熱レジスト204を例えば100 μ mの厚さで塗布し、フレーム内側のシリコン基板が薄くなった領域の裏面を、ミラー基板101及び梁102,103の形状にパターンニングする(図5(f))。

【0107】このレジストをマスクとして、エッチング速度が大きく異方性の高いドライエッチング装置(ICP-RIE)を用いて、シリコン基板を貫通するまでドライエッチングすることでミラー基板101及び梁102,103を形成する(図5(g))。このように、図4(d)及び図5(e)に関連して説明したように、シリコン基板を凹状にエッチング可能に残った凸部を補強用リブ121として形成する方法であるため、半導体プロセスを用いて容易にミラー基板101を一体形成することができる。

【0108】次に、前工程でマスクとして利用したレジストを溶解、除去した後、基板全体を熱酸化し、基板との絶縁材料として表面に例えば厚さ1 μ mのSiO₂膜205を形成する(図5(h))。

【0109】次にフレーム内側端面のSiO₂膜上に、起動用固定電極111,112及び駆動用固定電極107,108とそれらの引き出し用パッド116,117,118,119となる金属薄膜206,207として、例えば300Å厚さのTi薄膜をスパッタ法で成膜した後に例えば1200Å厚さのPt薄膜をスパッタ法で成膜し、さらに、ミラー基板表面のミラー面となる金属薄膜115としてAl薄膜208を形成する(図6(i))。なお、これらの成膜の際に、電極以外の領域に金属薄膜が形成されないように、金属性のステンシルマスクで遮蔽し、また、同一部位で近接した駆動用の固定電極については、ミラー基板をジグを用いて傾斜させた状態で斜め方向から成膜した。ここで、Ti薄膜はSiO₂膜上でのPt薄膜の密着性を向上させるためのものである。なお、ここではPt薄膜を電極材料として用いているが、導電性が高くSiO₂との密着性が確保できれば、AuやTi、その他の材料を使用してもよい。また、ミラー面用の金属薄膜としてAl薄膜208を成膜したが、光走査装置で使用されるレーザー光に対し必要十分な反射率が得られる金属薄膜ならばAu、その他の材料も選択可能である。また、ここでは成膜方法としてスパッタ法を用いたが、真空蒸着、イオンプレーティング法等の他の方法で成膜してもよい。

【0110】次に、フレーム裏面の一部のSiO₂膜をメタルマスクを使ってエッチング除去し、コンタクトホール209を形成する(図6(j))。このシリコンが露出したコンタクトホール209に、ミラー基板に電圧を印加するためのパッド114としてのAl薄膜210をメタルマスクを使って成膜し、それと基板との間の電気抵抗を下げるため400°Cの熱処理を行う(図6(k))。

【0111】本発明の第2の実施例における光走査装置について図7を参照して説明する。図7(a)はミラー基板の裏面図、同図(b)は同図(a)のA-A'断面図である。

【0112】本実施例の光走査装置においては、例えば厚さが $30\mu\text{m}$ 、大きさが 4mm □のミラー基板101の平板部の裏面に、前記第1実施例と同様な梁102,103と直交する方向に延びた補強用リブ121が設けられるが、前記第1実施例と異なり、梁102,103が結合した端部に沿った位置にも補強用リブ121a, 121bが設けらる。それぞれの補強用リブの高さは例えば $30\mu\text{m}$ であり、ミラー基板101の梁102,103との結合端部の厚さは梁102,103の厚さと同一の $60\mu\text{m}$ となっている。したがって、補強用リブ121a,121bが無い場合に比べ、梁102,103とミラー基板101との結合強度が増大し、光走査装置の信頼性が向上する。これ以外の構成は前記第1実施例と同様であるので説明を省略する。

【0113】本発明の第3の実施例における光走査装置について図8を参照して説明する。図8(a)はミラー基板の裏面図、同図(b)は同図(a)のB-B'断面図である。

【0114】本実施例の光走査装置においては、例えば厚さが $30\mu\text{m}$ 、大きさが 4mm □のミラー基板101の平板部の裏面に例えば $30\mu\text{m}$ の高さの補強用リブ121が設けられるが、前記各実施例と異なって、補強用リブ121は梁102,103と直交する方向及び平行方向に延びて全体として格子状とされる。また、ミラー基板平板部の梁121,122と結合される端部及び駆動用電極と対向する端部に沿った位置にも補強用リブ121が設けられる。これ以外の構成は前記第1の実施例と同様であるので説明を省略する。

【0115】本実施例の光走査装置においては、前述のような格子状の補強用リブ121によってミラー基板101が全面的に補強され、ミラー基板101のねじれ変形も効果的に抑制されるため、さらに安定したビーム形状での光走査が可能となる。また、前記第2の実施例と同様に、ミラー基板101の梁102,103と結合する端部は梁102,103と同じ $60\mu\text{m}$ の厚さとなって、ミラー基板101と梁102,103との結合強度が前記第1の実施例より増加する。また、駆動用固定電極と対向するミラー基板端部は可動電極として作用するが、この端部の厚さも補強用リブ121の分だけ増加し $60\mu\text{m}$ となるため、前記各実施例よりも可動電極の面積が増加し、その結果、ミラー基板101をより低い電圧で駆動可能となる。

【0116】本発明の第4の実施例における光走査装置について図9を参照して説明する。図9はミラー基板101の裏面図である。同図に示すように、本実施例においては、ミラー基板101は、梁102,103をはさんだ両端部分、つまり駆動用固定電極と対向する側の端部の部分で最も広くなるような略H型の平面形状を有する。このよ

うな平面形状は、ミラー基板101の慣性モーメントの減少と、それによる駆動電圧の低電圧化に効果的である。また、補強用リブ121は、前記第3の実施例と同様に格子状に形成され、また、梁102,103と結合される端部及び可動電極として作用する端部に沿う位置にも形成される。したがって、ミラー基板101の梁102,103との結合強度を向上させることができ、また、可動電極の面積を増大させて駆動電圧の低電圧化を図ることができる。

【0117】本発明の第5の実施例における光走査装置について図10を参照して説明する。図10の(a)は光走査装置の概略中央断面図、(b)は光走査装置の概略裏面図である。

【0118】ミラー基板101の裏面側に前記各実施例と同様に補強用リブ121が設けられるが、本実施例においては、補強用リブ121として、ねじり梁102,103を延長してミラー基板101を横切るリブ121dと、ミラー基板101の外周を縁どりするリブ122eが設けられている。これらリブ121の領域はその厚さがねじり梁102,103と同一となっており、それ以外の領域はねじり梁102,103の厚さよりも薄い肉抜き領域となっている。

【0119】本実施例のような補強リブを設けない、シリコンからなるミラー基板の板厚を $20\mu\text{m}$ 、大きさを $4\text{mm}\times 4\text{mm}$ とし、 $2.5\text{kHz}\pm 5^\circ$ の振れ角で振動した場合のミラー基板101の変形の最大値の計算結果を図11に示す。このように、補強リブのないミラー基板の場合、ねじり梁を中心としたミラーの両側の中心位置での変形が最も大きく、その変形量は約 $1\mu\text{m}$ にもなることがわかる。

【0120】本実施例のミラー基板101では、それを縁取りするリブ121dがこの変形を低減すると同時に、それと直行方向の変形も低減でき、さらに、ねじり梁102,103を延長してミラー基板101を貫通するリブ121eは振動の中心軸の位置精度を向上させる効果があることから、安定した走査ビーム形状を得ることができる。

【0121】以上説明した第5の実施例の光走査装置の製造方法の一例について、図12乃至図14を参照して説明する。

【0122】ミラー基板、ねじり梁、フレームの材料として、高精度の微細加工が容易なシリコン基板を用いた。

【0123】まず、両面研磨された厚さ $200\mu\text{m}$ のシリコン基板1201の片面に、シリコンを深くエッチングするためのマスクとして高粘度耐熱レジスト1202を $100\mu\text{m}$ の厚さで塗布する(図12(a))。ここで使用するマスク材としては、シリコンとの密着性がよく、エッチング時の選択比が $100\mu\text{m}$ のシリコンエッチング時にもマスクとして残る程度に大きく、かつ、エッチング後には容易に除去できるような材料であればよく、また、Niメッキ膜等を利用してもよい。

【0124】次に、このレジストを露光、現像すること

で内フレーム形状にパターニングする (図12(b))。

【0125】このレジストをマスクとして、エッチング速度が大きく異方性の高いドライエッチング装置(ICP-RIE)を用いて、シリコン基板を内フレーム形状に100 μ mの深さまでエッチング除去する (図12(c))。ここで形成されたエッチング端面の段差部分に、後工程で起動用の固定電極が形成される。

【0126】レジスト1202を溶解、除去した後、段差の形成された基板に再び高粘度耐熱レジスト1203を100 μ mの厚さで塗布し、露光、現像することで補強リブの形状にパターニングする (図12(d))。

【0127】そして、このレジストをマスクとして、100 μ mまで薄くした部分のシリコン基板をドライエッチング装置(ICP-RIE)を用いて50 μ mの深さまでエッチング除去することによって肉抜きし、リブの形状を形成する (図13(e))。

【0128】次に、シリコンを内フレーム形状にエッチングした面と反対側の面に、高粘度耐熱レジスト1204を100 μ mの厚さで塗布し、枠体内側のシリコン基板が薄くなった領域の裏面を、ミラー基板及び梁形状にパターニングする (図13(f))。

【0129】このレジストをマスクとして、エッチング速度が大きく異方性の高いドライエッチング装置(ICP-RIE)を用いて、シリコン基板を貫通するまでドライエッチングすることでミラー基板、梁を形成する (図13(g))。

【0130】レジストを溶解、除去した後、基板全体を熱酸化し、基板との絶縁材料として表面に厚さ1 μ mのSiO₂膜1205を形成する (図13(h))。

【0131】次に、フレーム内側の端面のSiO₂膜上に、それぞれ起動用固定電極と駆動用固定電極として、Ti薄膜300Åをスパッタ法で成膜したあとに1200Å厚さのPt薄膜1206、1207をスパッタ法で成膜する。さらに、ミラー基板表面にミラー面としてAl薄膜1208を形成する (図14(i))。なお、成膜の際に、電極以外の領域には金属薄膜が形成されないように、金属性のステンシルマスクで遮蔽し、また、同一部位で近接した駆動用固定電極としてのPt薄膜1207は、ミラー基板をジグを用いて傾斜させた状態で斜め方向から成膜した。ここで、Ti薄膜はSiO₂膜上でのPt薄膜の密着性を向上させるためのものである。なお、ここではPt薄膜を電極材料として用いているが、他に導電性が高く、SiO₂との密着性が確保できれば、Au、Ti、等他の材料を使用してもよい。また、ここでは成膜方法としてスパッタ法を用いたが、真空蒸着、イオンプレーティング法等の他の方法で成膜してもよい。また、ミラー面としての金属薄膜1208としてAlを成膜したが、使用するレーザー光に対し必要十分な反射率が得られる金属薄膜ならば、Au等の他の材料も選択可能であり、その成膜方法もスパッタ法、イオンプレーティング法等の他の方法を用いてもよい。

【0132】次に、フレーム裏面の一部のSiO₂膜をメタルマスクを使ってエッチング除去し、コンタクトホール1209を形成する (図14(j))。このシリコンが露出したコンタクトホールに、ミラー基板に電圧を印加するための電極1210をメタルマスクを使って成膜し、電極と基板との抵抗を下げるための400°Cの熱処理を行う (図14(k))。

【0133】なお、以上説明した製造方法は、後記の第6乃至第11の実施例の光走査装置にも同様に適用し得ることは明らかである。

【0134】《製造方法その2》前記第5の実施例の光走査装置の製造方法の別の例について、図15及び図16を参照して説明する。

【0135】ここで説明する方法においては、ミラー基板、ねじり梁、フレームの材料として、高精度の微細加工が容易で、かつ、電極分離構造を容易に形成できるSOI基板を用いる。ここでは、ミラー基板、ねじり梁を形成する側の基板を、絶縁分離した各部位をそのまま電極として使用できるように、高濃度の不純物が含まれた0.1 Ω ・cm以下の低抵抗の厚さ100 μ mのシリコン基板とし、フレームを形成する側の基板を厚さ525 μ mの数 Ω ・cmから数十 Ω ・cmの中抵抗のシリコン基板とし、それらを厚さ1 μ mの酸化膜からなる絶縁膜で分離したSOI基板を用いるものとして説明する。

【0136】まず、両面研磨された厚さ626 μ mのSOI基板2001のフレーム形成側の面に、シリコンを深くエッチングするためのマスクとして高粘度耐熱レジスト2002を100 μ mの厚さで塗布する (図15(a))。ここで使用するマスク材としては、シリコンとの密着性が高く、エッチング時の選択比が100 μ mのシリコンエッチング時にもマスクとして残る程度に大きく、かつエッチング後に容易に除去できるような材料であればよく、Niメッキ膜等を利用してよい。

【0137】次に、このレジストを露光、現像することで内フレーム形状にパターニングする (図15(b))。

【0138】このレジストをマスクとして、エッチング速度が大きく異方性の高いドライエッチング装置(ICP-RIE)を用いて、シリコン基板を内フレーム形状に酸化膜が露出する525 μ mの深さまでエッチング除去する (図15(c))。ここで、酸化膜はエッチングレートがシリコンと比較して著しく小さいため、エッチング停止層として機能する。なお、ここで形成されるエッチング端面の段差部分に、後の工程で起動用の固定電極が形成される。

【0139】次に、レジスト2002を溶解、除去した後、ミラー基板を形成する側の基板に再び高粘度耐熱レジスト2003を100 μ mの厚さで塗布し、露光、現像することでリブ形状にパターニングする (図15(d))。

【0140】そして、このレジストをマスクとして、ドライエッチング装置(ICP-RIE)を用い、100 μ mまで薄く

した部分のシリコン基板を50 μ mの深さまでエッチング除去することで肉抜きし、リブ形状を形成する(図16(e))。

【0141】次に、リブを形成した面に、レジスト2004を1.5 μ mの厚さで塗布し、ミラー基板及び梁形状にパターンニングする(図16(f))。このとき、レジストは、リブの段差部分も含めて塗布をする必要があることから、スプレー状にして塗布する。

【0142】このレジストをマスクとして、エッチング速度が大きく異方性の高いドライエッチング装置(ICP-RIE)を用いて、シリコン基板を貫通するまでドライエッチングすることでミラー基板、梁を形成する(図16(g))。

【0143】次に、フレームの一部に、駆動用固定電極となるAl薄膜2005をメタルマスクを使って真空蒸着法により成膜し、それと基板との抵抗を下げるために400°Cの熱処理を行う(図16(h))。ここではAl薄膜2005は、Au等の他の材料の薄膜とすることも可能であり、その成膜方法もスパッタ法、イオンプレーティング法等の他の方法を用いることも可能である。

【0144】このようなSOI基板を用いる製造方法によれば、ミラー基板を形成してから後の絶縁のための酸化膜形成と、その酸化膜上のミラー基板端面位置への金属電極の形成工程、および、酸化膜の一部除去によるコンタクト部の形成工程が不要となり、製造工程を短縮できる。なお、この製造方法は後記の第6乃至第11の実施例の光走査装置にも同様に適用し得ることは明らかである。

【0145】本発明の第6の実施例における光走査装置について図17を参照して説明する。図17の(a)はミラー基板の裏面図であり、(b)はそのA-A'線断面図である。

【0146】本実施例の光走査装置の全体的構成は前記第5の実施例と同様であるので図示及び説明を省略し、本実施例の特徴であるミラー基板101の補強用リブ121に関する構成についてのみ説明する。4mm \square の大きさのミラー基板101の裏面には補強用リブ121が設けられるが、本実施例では、ねじり梁102,103を延長してミラー基板101を横切るリブ121dと、ミラー基板外周を縁どりするリブ121dに加えて、リブ121dの中央で直交しリブ121eを架橋するリブ121fが設けられている。リブ領域の厚さはねじり梁102,103と同一の60 μ mとなっており、それ以外の肉抜き領域はねじり梁よりも30 μ mだけ薄くなっている。

【0147】振動時のミラー基板101の微小領域における慣性力は、微小領域の質量とねじり梁102,103からの距離の2乗の積に比例することから、ねじり梁102,103と平行な方向では微小領域の質量による慣性力の違いだけで、位置による慣性力の違いはないため変形が小さいが、ねじり梁と直行する方向では位置による慣性力の違

いが大きくきいてくるため変形が大きい。そこで、本実施例においては、リブ121fを設けて、ねじり梁と直行する方向の剛性を高めることにより、振動による変形を効果的に抑制する。

【0148】本発明の第7の実施例における光走査装置について図18を参照して説明する。図18の(a)はミラー基板の裏面図であり、(b)はそのB-B'線断面図である。

【0149】本実施例の光走査装置の全体的構成は前記第5の実施例と同様であるので図示及び説明を省略し、本実施例の特徴であるミラー基板101の補強用リブ121に関する構成についてのみ説明する。

【0150】4mm \square の大きさのミラー基板101の裏面には補強用リブ121が設けられるが、本実施例では、ねじり梁102,103を延長してミラー基板101を横切るリブ121dと、ミラー基板外周を縁どりするリブ121dに加えて、リブ121dと平行及び垂直な複数のリブ121gが格子状に設けられている。格子状のリブ121gは、ミラー基板101の重心位置(G)がリブ121dの中心にくるように、リブ121dの中心に対して対象に配置されている。リブ領域の厚さはねじり梁102,103と同一の60 μ mとなっており、それ以外の肉抜き領域はねじり梁よりも30 μ mだけ薄くなっている。

【0151】このように格子状のリブ121gを追加することにより、ねじり梁102,103に直行方向及び平行方向のミラー基板変形を、前記第6の実施例より以上に減少させることができる。ただし、ミラー基板の重量増加は振れ角は減少させるように作用するため、その分をおぎなうためにはより大きな駆動トルク、すなわち、より高い駆動電圧が必要となる。

【0152】本発明の第8の実施例における光走査装置について図19を参照して説明する。図19はミラー基板の裏面図である。

【0153】本実施例の光走査装置の全体的構成は前記第5の実施例と同様であるので図示及び説明を省略し、本実施例の特徴であるミラー基板101の補強用リブ121に関する構成についてのみ説明する。

【0154】本実施例においても、前記第7の実施例の場合と同様に、ミラー基板101の裏面に補強用リブ121として、ねじり梁102,103を延長してミラー基板101を横切るリブ121d、ミラー基板外周を縁どりするリブ121d、及び、リブ121dと平行及び垂直な格子状のリブ121gが設けられる。ミラー基板外周を縁取りするリブ121dのミラー基板自由端側部分121dsは、リブ121dの長さより長く、ミラー基板101のねじり梁102,103と結合された端部より外側に張り出している。このリブの部分121dsは櫛歯形状とされ、同様の櫛歯形状とされたフレーム側の駆動用固定電極107,108(図10)と狭ギャップを隔てて対向して駆動用可動電極として働くが、可動電極側の長さが増加した分、固定電極107,108の長さも増加させられて

いる。リブ領域の厚さはねじり梁102,103と同一の $60\mu\text{m}$ となっており、それ以外の肉抜き領域はねじり梁よりも $30\mu\text{m}$ だけ薄くなっている。

【0155】格子状のリブ121gを設けると、ねじり梁102,103に直交する方向及び平行な方向のミラー基板変形を効果的に抑制できるが、ミラー基板重量が増加するため、必要な振れ角を得るために必要な駆動トルク（静電力）も増加する。そこで、本実施例においては、可動電極として作用するリブ部分121esの長さを延長して駆動電極面積を増加させることにより、駆動トルクの増大を図っている。

【0156】本発明の第9の実施例における光走査装置について図20を参照して説明する。図20の(a)はミラー基板の裏面図であり、(b)はそのB-B'線断面図である。

【0157】本実施例の光走査装置の全体的構成は前記第5の実施例と同様であるので図示及び説明を省略し、本実施例の特徴であるミラー基板101の補強用リブ121に関する構成についてのみ説明する。

【0158】本実施例においても、前記第6の実施例の場合と同様に、 4mm □の大きさのミラー基板101の裏面に補強用リブ121として、ねじり梁102,103を延長してミラー基板101を横切るリブ121dと、ミラー基板外周を縁どりするリブ121dとが設けられるが、図20(a)に見られるように、リブ121eの各コーナー部、及び、リブ102eとリブ102eとの交差部分に、曲率が付けられている。この曲率を付加した部位は振動時のミラー基板の変形による応力が集中しやすい部分であるため、曲率を付加することによって応力集中が緩和され、その部位からの亀裂の発生が起きにくくなる。なお、リブ領域の厚さはねじり梁102,103と同一の $60\mu\text{m}$ となっており、それ以外の肉抜き領域はねじり梁よりも $30\mu\text{m}$ だけ薄くなっている。本発明の第10の実施例における光走査装置について図21を参照して説明する。図21の(a)はミラー基板の裏面図であり、(b)はそのB-B'線断面図である。

【0159】本実施例の光走査装置の全体的構成は前記第5の実施例と同様であるので図示及び説明を省略し、本実施例の特徴であるミラー基板101の補強用リブ121に関する構成についてのみ説明する。

【0160】本実施例においても、前記第6の実施例の場合と同様に、 4mm □の大きさのミラー基板101の裏面に補強用リブ121として、ねじり梁102,103を延長してミラー基板101を横切るリブ121dと、ミラー基板外周を縁どりするリブ121dとが設けられるが、図21(a)に見られるように、リブ121eとねじり梁102,103との交差部分（ねじり梁102,103とミラー基板101との連結部）に曲率が付けられている。この部位は振動時のミラー基板の変形による応力が集中しやすい部分であるため、曲率を付加することによって応力集中が緩和され、その部位から

の亀裂の発生が起きにくくなる。リブ領域の厚さはねじり梁102,103と同一の $60\mu\text{m}$ となっており、それ以外の肉抜き領域はねじり梁よりも $30\mu\text{m}$ だけ薄くなっている。

【0161】なお、前記第9の実施例と同様に、リブ121eの各コーナー部、及び、リブ102eとリブ102eとの交差部分にも曲率を付けてもよく、そのような態様も本発明に包含されることは当然である。

【0162】前記各実施例の光走査装置においては、図22に模式的に示すように、ミラー基板101の表面（ミラー面115が形成される側の面）と、ねじり梁102,103の表面とが同一面とされていた。

【0163】本発明の第11の実施例の光走査装置においては、図23に模式的に示すように、ミラー基板101の表面と、ねじり梁102,103の厚さ方向の中心とが一致するような位置関係とされる。このような位置関係とすることにより、ミラー基板のねじり回転によるミラー面上でのビーム位置のずれが生じなくなるため、反射ビームの走査位置精度が向上する。

【0164】なお、これ以外の構成は前記各実施例と同様でよい。また、補強用リブ121のうち、ミラー基板外周を囲むリブ121eについては図示のようにミラー基板101の表側にも突出するように形成されるが、これに限定されるわけではない。

【0165】なお、図示しないが、前記ミラー基板及び該ミラー基板を駆動する手段を、記ミラー基板で偏向された光ビームを透過される部分と、駆動手段との結線のための端子部とを具備する減圧容器内に収容した光走査装置も本発明に含まれる。

【0166】以上に説明した本発明の光走査装置は、写真印刷方式のプリンタや複写機などの画像形成装置のための光走査装置として最適である。次に、そのような画像形成装置の一例について図24を参照して説明する。

【0167】図24において、301は光書込装置、302は光書込装置301の被走査面を提供する感光体ドラムである。光書込装置301は、記録信号によって変調された1本又は複数本のレーザビームで感光体ドラム302の表面（被走査面）を同ドラムの軸方向に走査するものである。感光体ドラム302は、矢印303方向に回転駆動され、帯電部304で帯電された表面に光書込装置301により光走査されることによって静電潜像を形成される。つまり、広義には、感光体ドラム302は静電潜像担持体である。この静電潜像は現像部305でトナー像に顕像化され、このトナー像は転写部306で記録紙307に転写される。転写されたトナー像は定着部307によって記録紙307に定着される。感光体ドラム302の転写部306を通過した表面部分はクリーニング部309で残留トナーを除去される。なお、感光体ドラム302に代えてベルト状の感光体を用いる構成も可能であることは明らかである。また、トナー像を転写媒体に一旦転写し、この転写媒体からトナー像

を記録紙に転写して定着させる構成とすることも可能である。

【0168】光書込装置301は、記録信号によって変調された1本又は複数本のレーザビームを発する光源部320と、前記第1の実施例乃至第11に関連して説明した本発明の光走査装置321と、この光走査装置321のミラー基板のミラー面に光源部320からのレーザビームを結像させるための結像光学系322と、ミラー面で反射された1本又は複数本のレーザビームを感光体ドラム302の表面(被走査面)に結像させるための走査光学系323から構成される。光走査装置321は、その駆動のための集積回路324とともに回路基板325に実装された形で光書込装置301に組み込まれる。

【0169】このような構成の光書込装置301は、次のような利点を有する。本発明による光走査装置321は、前述のようにレーザビーム形状の安定性、駆動電圧の低電圧化の面で有利であるほか、回転多面鏡に比べ駆動のための消費電力が小さいため、画像形成装置の省電力化に有利である。光走査装置321のミラー基板の振動時の風切り音は回転多面鏡に比べ小さいため、画像形成装置の静粛性の改善に有利である。光走査装置321は回転多面鏡に比べ設置スペースが圧倒的に少なく済み、また、光走査装置321の発熱量もわずかであるため、光書込装置301の小型化が容易であり、したがって画像形成装置の小型化に有利である。

【0170】なお、記録紙307の搬送機構、感光体ドラム302の駆動機構、現像部305、転写部306などの制御手段、光源部320の駆動系などは、従来の画像形成装置と同様でよいので図中省略されている。

【0171】本発明の第12の実施例における振動ミラーチップの斜視図及び断面図を図25に示す。図25の(a)は振動ミラーチップ全体の斜視図であり、(b)は振動ミラーチップの中央における梁と垂直方向の断面図である。

【0172】本実施例における振動ミラーチップは、ミラー部分3001と枠体3002とが結合して形成されるミラー基板、補強梁3003、ねじり梁3004、支持部3005、熱酸化膜3006、フレーム3007、枠体の一部の可動電極3008及び可動電極引き出しパッド3009、固定電極3010及び固定電極引き出しパッド3011とからなる。

【0173】ミラー基板は、窒化シリコン(SiN)薄膜及び金属薄膜3012を含む薄膜状のミラー部分3001と、ミラー部分3001と結合しミラー部分3001の外縁にシリコン単結晶で形成された枠体3002と、枠体3002と同一の高さで枠体3002の内側を架橋する補強梁3003とから成る。

【0174】ここで、ミラー部分3001における金属薄膜3012と枠体3002とは中央の窒化シリコン薄膜を挟んで互いに反対側にある。金属薄膜3012は、光に対して十分な反射率を有し、枠体3002と反対側の面はミラー面として使用する。このように枠体と反対側にミラー面がある

と、ミラー面上に枠体がないため、ミラー面の全面を光ビームの反射に有効に使用することができ、光ビームの損失を防ぐことができる。

【0175】窒化シリコン(SiN)薄膜は、内部応力として引張応力を有しているため、枠体3002の内側において金属薄膜3012も含めたミラー部分3001、特にミラー面の平坦性を確保することができる。その結果、安定した光ビームの形状を得ることができる。ここではミラー部分3001として窒化シリコン薄膜を用いているが、内部応力として引張応力を有する他の薄膜、例えば多結晶シリコン薄膜等を用いることも可能である。

【0176】また、本発明の特徴としてミラー部分3001は、全て薄膜で形成されているので、大型のミラー基板を形成しても軽量であり、従って慣性モーメントが小さくなり、振動ミラーチップの動作時にミラー基板は大きな振れ角を得ることができる。またミラー部分3001は、枠体3002と補強梁3003とによって保持されるので、ミラー基板としての剛性が高く、動作時におけるミラー基板の変形が少なく安定したビーム形状を得ることができる。

【0177】ミラー基板は、枠体3002の外側の側面中央近傍で2本のねじり梁3004で支持されている。この2本のねじり梁3004は、枠体3002の外側の側面における互いに対向する位置に結合し、ミラー基板のねじり振動の回転軸を含むように略同一直線上に設けられている。振動ミラーチップの動作時は、ねじり梁3004に支持されたミラー基板が、ねじり梁3004を回転軸としてねじり振動し、ミラー基板のミラー面にビーム光源から照射される光ビームを偏向させる。

【0178】枠体3002の内側を架橋する補強梁3003は、ねじり梁3004の延長上に配置することが好ましい。補強梁3003をねじり梁3004の延長上、すなわち同一直線上の位置に配置してねじり振動の回転軸の一部とすることで、動作時にミラー基板がねじり振動の回転軸に対して対称になる。これにより、動作時に回転軸が安定して、枠体3002のねじり梁3004方向の変形を低減し、不要な振動モードを抑えて、安定したビーム形状が得られる。2本のねじり梁3004は、ねじり振動の繰り返し動作に対して十分な耐性が得られ、かつ適度なねじり剛性が得られるように、シリコン単結晶で枠体3002と一体で形成される。さらに、ねじり梁3004の高さ、幅、及び長さが、振動子としての共振周波数が所望の値となるように、ねじり剛性に基づいて適切に設計される。

【0179】ねじり梁によるミラー基板の共振周波数 f は、ねじり弾性係数を k 、ミラー基板の慣性モーメントを I とすると次式で表すことができる。

$$f = 1 / (2\pi) \times \sqrt{(k/I)}$$

【0180】ここで、ねじり弾性係数 k は、ねじり梁の幅を c 、ねじり梁の高さを t 、ねじり梁の長さを l とすると次式で表すことができる。

$k = \beta t c^3 E / (L(1 + \nu))$ なお、 β は断面形状係数、 E はヤング率、 ν はポアソン比である。

【0181】また、ミラー基板の慣性モーメント I は、ミラー基板の重量を M 、ミラー基板の幅（ねじり梁と直行する方向）を a とすると次式で表すことができる。

$$I = M a^2 / 12$$

【0182】以上の式から、大きさ $1\text{ mm} \times 4\text{ mm}$ 、板厚 $60\text{ }\mu\text{ m}$ のミラー基板を、断面 $50\text{ }\mu\text{ m} \times 60\text{ }\mu\text{ m}$ 、長さ $500\text{ }\mu\text{ m}$ の梁で支持することにより、ミラー基板が約 3 kHz で共振駆動することがわかる。

【0183】ねじり梁3004の枠体3002に結合していない側は、それぞれ同じシリコンで一体に形成された支持部3005に結合されており、この支持部3005は、熱酸化膜3006を介してシリコンで形成されたフレーム3007に固定されている。これらミラー基板の枠体3002、補強梁3003、ねじり梁3004と支持部3005とは共通の低抵抗シリコン基板で形成されており、支持部3005の表面には可動電極引き出しパッド3009として $A1$ 薄膜が形成されている。ここで、枠体3002、補強梁3003、ねじり梁3004は、全て同一の高さ（厚さ）とすれば、それらは同時形成が可能であり、低コストで振動ミラーチップを製作できる。

【0184】ミラー基板の枠体には、ねじり梁による回転軸方向と直交する方向の両側面に、櫛歯形状の可動電極3008が形成されている。このように可動電極を櫛歯状にすることによって、電極面積を増やすことができ、静電力によるミラー基板の駆動トルクを大きくすることができる。その結果ミラー基板の振れ角を大きくすることができる。また櫛歯形状の可動電極3008と微小間隔を隔てて、同様の櫛歯形状である駆動用の固定電極3010が可動電極3008などと独立して設けられている。この櫛歯形状の駆動用の固定電極3010は、櫛歯形状の可動電極3008と噛み合う形で対向している。可動電極3008と固定電極3010とが対向して設置されていることで、電極構造が簡単であり製造コストを下げて、効率良くミラー基板を駆動することができる。また駆動用の固定電極3010は低抵抗シリコン基板で形成されており、熱酸化膜3006を介してシリコンで形成されたフレーム7に固定されている。さらに固定電極3010の表面には固定電極引き出しパッド3011として $A1$ 薄膜が形成されている。

【0185】次に、本発明の第12の実施例における振動ミラーチップの動作を、図26を用いて説明する。枠体に形成された櫛歯状の可動電極3008は、枠体、ねじり梁、支持部と共通の低抵抗シリコン基板で形成されているので、ねじり梁の支持部表面に形成された可動電極引き出しパッド（図25の3009）と同電位である。また低抵抗シリコン基板で形成された駆動用の固定電極3010は、熱酸化膜3006を介してフレーム3007に固定されており、ここでは固定電極3010における2つの固定電極引き出しパッド3011を接地している。これら可動電極3008の表面における可動電極引き出しパッドにそれぞれ同時に

電圧を印加することにより、可動電極3008と固定電極3010との間に静電力を働かせる。なお、図26と反対に、可動電極3008における2つの可動電極引き出しパッドを接地し、固定電極3010の表面における固定電極引き出しパッド3011に電圧を印加してもよい。

【0186】図26(A)は、可動電極引き出しパッドに電圧を印加していない初期状態を示している。ここでミラー基板は、形状や内部応力等のわずかな非対称性により、水平位置から数 $\mu\text{ m}$ 程度という微小量ではあるが初期変位を有している。この為にミラー基板に形成された可動電極8とフレーム上に熱酸化膜3006を介して形成された固定電極3010とは、互いの対向する面が平行であるように静止しているのではなく、ねじれ角の方向にわずかな変位を伴って互いに対向している。

【0187】このような配置の可動電極3008と固定電極3010との間に、可動電極引き出しパッドに電圧を印加して静電力を働かせることにより、可動電極3008と固定電極3010の互いに対向する面が、平行に向かい合う方向、すなわち図26(B)に示すようなミラー基板が固定電極と水平になる方向、に向かってねじり梁を軸としてねじり振動させる（回転させる）ことができる。

【0188】印加電圧を上昇させていきミラー基板が固定電極と水平になった瞬間に、電圧の印加を停止すると、図26(C)に示すように、ミラー基板の慣性により初期変位と反対側に、梁のねじり剛性とミラー基板の回転のモーメントとが釣り合う位置まで変位させることができる。ここで再び駆動用の可動電極3008に電圧を印加すると、可動電極3008及び固定電極3010の間の静電引力と梁のねじり剛性により、ミラー基板は逆方向に回転し、Dに示すように再び固定電極と水平な位置にまで変位する。

【0189】この駆動用の可動電極3008の駆動周波数をミラー基板とねじり梁の共振周波数に設定することにより、ミラー基板の大きな振れ角を得ることができる。このとき、ミラー部分1の裏面に設けられた補強梁3003によりミラー基板の変形が低減される為、ミラー部分1で反射したビームは乱反射せず、安定した走査ビーム形状を得ることができる。

【0190】次に、本発明の第13の実施例における振動ミラーチップの平面図及び断面図を図27に示す。本実施例における振動ミラーチップは、ミラー部分の構造を除いては、第12の実施例と同じ構造である。ミラー基板は、熱酸化膜3006窒化シリコン薄膜3013とで形成されたミラー部分3001と、ミラー部分3001と結合するシリコン単結晶で形成された枠体3002と、から成る。ミラー部分3001の外縁に形成された枠体3002の内側は、補強梁3003で架橋されている。またミラー部分3001の枠体3002及び補強梁3003が形成されていない側には、使用する光に対して十分な反射率をもつ金属薄膜3012がミラー面として形成されている。ミラー基板は、枠体3002の外側の

側面中央近傍で2本のねじり梁3004で支持されている。この2本のねじり梁3004は、枠体3002の外側の側面における互に対向する位置に結合し、ミラー基板のねじり振動の回転軸となるよう同一直線上に設けられている。さらに枠体3002の内側を架橋する補強梁3003も、ねじり梁3004と同一直線上の位置に配置することが好ましい。

【0191】ねじり梁3004の枠体3002に結合していない側は、それぞれ同じくシリコンで一体に形成された支持部3005に結合されており、この支持部3005は、熱酸化膜3006を介してシリコンで形成されたフレーム3007に固定されている。支持部3005の表面には可動電極引き出しパッド3009として金属薄膜3012が形成されている。ミラー基板の枠体3002には、ねじり梁による回転軸方向と直交する方向の両側面に、櫛歯形状の可動電極3008が形成されている。また櫛歯形状の可動電極3008と微小間隔を隔て、同様の櫛歯形状である駆動用の固定電極3010が設けられている。この櫛歯形状の駆動用の固定電極3010は、櫛歯形状の可動電極3008と噛み合う形で対向している。また駆動用の固定電極3010は低抵抗シリコン基板で形成されており、熱酸化膜3006を介してシリコンで形成されたフレーム3007に固定されている。さらに固定電極3010の表面には固定電極引き出しパッド3011として金属薄膜3012が形成されている。

【0192】ここで、第12の実施例においてはミラー部分3001が内部応力として引張応力を有する窒化シリコン薄膜の単層膜で形成されていたが、第13の実施例におけるミラー部分3001は、熱酸化膜3006と窒化シリコン薄膜3013の2層膜から構成されており、熱酸化膜3006がミラー基板の枠体3002及び補強梁3003のある側、窒化シリコン薄膜3013がミラー面側に成膜されている。熱酸化膜3006は、シリコンをエッチングする際には選択比が大きくエッチング停止層として好都合である。しかしながら、熱酸化膜3006は通常内部応力として圧縮応力を有している為、単層膜として用いると座屈してミラー面としての平坦性が確保できなくなる。そこで、内部応力として引張応力を有している窒化シリコン薄膜3013を熱酸化膜3006と組み合わせて成膜し、二層膜とすることで膜全体の応力が引張応力になるように調整している。このように金属薄膜3012も含めて、ミラー部分3001を多層膜として形成することにより、複数の様々な機能を有する薄膜を活用してミラー部分の設計をすることができる。また、ミラー部分1の構造や工程における設計の自由が高く、高性能な振動ミラーチップを作製することができる。ここで、エッチング停止層として熱酸化膜3006を用いる本実施例における振動ミラーチップの構造は、製法がより簡単で、コスト的にも有利であると考えられることから、次に本実施例における振動ミラーチップの製造方法を、図28及び図29を用いて説明する。

【0193】本発明の第13の実施例における振動ミラーチップの製造には、SOI (Silicon on Insulator)

ウエハを用いた。以下SOIウエハにおいて、熱酸化膜3006を介して下側の厚いウエハをベースウエハ3014、上側の薄いウエハをボンドウエハ3015と呼ぶことにする。フレームとして使用するベースウエハ3014は、厚さ525 μ m、中抵抗の(100)ウエハであり、枠体、補強梁、ねじり梁、支持部、可動電極、固定電極として使用するボンドウエハ3015には、厚さ60 μ m、低抵抗の(100)ウエハを用いた。また両ウエハの間にある熱酸化膜3006の厚さは500nmとした。なおボンドウエハの厚さは、ミラー基板及びねじり梁の共振周波数の設計値に合わせて設定した。また上述のSOIウエハは、十分に清浄化された2枚のシリコンウエハを、熱酸化膜を介して減圧雰囲気中で接触させ仮接合した後、100 $^{\circ}$ C以上の高温で熱処理、本接合し、上側ウエハを所望の厚さまで研磨することにより作製することができる。

【0194】まず図28(a)に示すように、このSOIウエハの両面にLP-CVD(減圧気相化学析出)法により厚さ1000オングストロームの窒化シリコン薄膜3013を形成した。ここで形成する薄膜は、KOH溶液による異方性エッチングで厚さ525 μ mのベースウエハを全て除去する際に、エッチングマスクとして十分な耐性を有する窒化シリコン薄膜3013を用いている。一般に異方性エッチングに用いられる厚さ1 μ m程度の熱酸化膜3006は、エッチング速度が窒化シリコン薄膜3013と比較して大きい為、このようにシリコンを深くエッチングする際のマスクとしては適切ではない。

【0195】次に、この窒化シリコン薄膜3013を、レジストマスクを用いたドライエッチングによりパターニングし、ミラー部分3001及びねじり梁部分を形成する領域をエッチング除去する。この際、(100)シリコンウエハは、窒化シリコン薄膜3013が形成されているエッチングマスクの面に対して54.7 $^{\circ}$ の角度傾いた方向にエッチングされる。この為、最終的に残るボンドウエハの領域がマスクパターンよりも内側の領域となることを考慮した上で、エッチングマスクのパターンを設計する必要がある。

【0196】次に図28(b)に示すように、パターニングされた窒化シリコン薄膜3013をエッチングマスクとして、85 $^{\circ}$ Cに昇温した30質量%のKOH溶液による異方性エッチングで、ベースウエハ3014を熱酸化膜3006に達するまでエッチング除去する。このとき熱酸化膜6は、シリコンと比較してKOH溶液に対するエッチング速度が遅いので、エッチング停止層とすることができる。これによりベースウエハ3014をフレーム3007とした厚さ60 μ mのボンドウエハ3015からなるシリコンダイアフラム3016が形成され、以後の工程ではこのシリコンダイアフラム3016部分にミラー基板、ねじり梁、及び櫛歯電極を形成する。

【0197】次に図28(c)に示すように、再びLP-CVD法により厚さ1000オングストロームの窒化

シリコン薄膜3013を形成し、さらにスパッタ法により1000オングストロームの厚さのAl薄膜をミラー面として形成する。熱酸化膜3006は薄膜のミラー部分3001として用いることになるが、熱酸化膜3006は一般に内部応力として圧縮応力を有する為、単層膜にすると座屈が生じてしまう。また一般にスパッタ法により成膜した金属薄膜も圧縮応力を有している。この為窒化シリコン薄膜30013を熱酸化膜3006と合わせて成膜し、窒化シリコン薄膜3013の内部応力としての引張応力により、熱酸化膜3006及び金属薄膜3012の圧縮応力を打ち消して、窒化シリコン薄膜3013、熱酸化膜3006、金属薄膜3012からなる多層膜全体としての内部応力が引張応力となるようにする。つまりここでは、窒化シリコン薄膜3013が応力調節膜として、多層膜全体の応力を容易に調節することができる。また、ここでは金属薄膜3012としてAlを成膜したが、使用するレーザ光に対し必要十分な反射率が得られる金属薄膜ならばAu等の他の材料も使用可能である。また、成膜方法としてはスパッタ法を用いたが、真空蒸着法、イオンプレーティング法等の他の方法で成膜してもよい。

【0198】次に図28(d)に示すように、ボンドウエハ3015のミラー部分3001を形成する領域にレジストをパターンニングし、このレジストをマスクとしてボンドウエハ3015のミラー部分3001を形成する領域以外の窒化シリコン薄膜3013、熱酸化膜3006、Alの金属薄膜3012をドライエッチングによりエッチング除去し、窒化シリコン薄膜3013、熱酸化膜3006、Alの金属薄膜3012からなるミラー部分3001を形成する。

【0199】次に図29(e)に示すように、ボンドウエハのミラー部分3001と反対側の窒化シリコン薄膜3013をレジストマスクで、枠体、梁、補強部、微小間隔の形状にドライエッチングでパターンニングする。

【0200】さらに図29(f)に示すように、レジスト/窒素化シリコン薄膜をマスクとして、エッチング速度が大きく異方性の高いドライエッチング装置を用いて、ミラー基板とその周囲のシリコンに対して厚さ60 μ mの貫通エッチングを行った。このときミラー基板のエッチングは、図28(d)で形成したミラー部分における熱酸化膜3006で停止する。

【0201】最後に2つの固定電極表面の一部を窒素化シリコン薄膜3013のマスクを使用したドライエッチングで除去し、得られたシリコン基板の表面にマスクを使ってAl薄膜をスパッタ法により成膜し、固定電極と基板との抵抗を下げるために400℃の熱処理を行って電極引き出しパッド3009、3011を形成する。ここではAl薄膜を電極材料として用いているが、他に導電性が高く、シリコンとの密着性が確保できれば、Au、Ti、等他の材料を使用してもよい。また成膜方法としてスパッタ法に限らず、真空蒸着、イオンプレーティング法等の他の方法で成膜してもよい。

【0202】本発明の第14の実施例における振動ミラーチップの平面図及び断面図を図30に示す。本実施例における振動ミラーチップは、ミラー部分の構造を除いては、第13の実施例と同じ構造である。ミラー基板は、熱酸化膜3006と窒化シリコン薄膜3013とで形成されたミラー部分3001と、ミラー部分3001を伸張状態にしてミラー部分3001と結合するシリコン単結晶で形成された枠体及び補強梁と、から成る。ミラー部分3001の外縁に形成された枠体(図示せず)と枠体の内側を架橋する補強梁(図示せず)は同一の高さにある。またミラー部分1の表面における枠体及び補強梁の形成されていない側には、使用する光に対して十分な反射率をもつ金属薄膜3012がミラー面として形成されている。ミラー基板は、枠体の外側の側面中央近傍で2本のねじり梁3004で支持されている。この2本のねじり梁3004は、枠体の外側の側面における互いに対向する位置に結合し、ミラー基板のねじり振動の回転軸となるよう同一直線上に設けられている。さらに枠体の内側を架橋する補強梁も、ねじり梁3004と同一直線上の位置に配置することが好ましい。ねじり梁3004の枠体に結合していない側は、それぞれ同じくシリコンで一体に形成された支持部3005に結合されており、この支持部3005は、熱酸化膜3006を介してシリコンで形成されたフレーム3007に固定されている。支持部3005の表面には可動電極引き出しパッド3009として金属薄膜3012が形成されている。ミラー基板の枠体には、ねじり梁3004による回転軸方向と直交する方向の両側面において、櫛歯形状の可動電極3008が形成されている。また櫛歯形状の可動電極3008と微小間隔を隔てて、同様の櫛歯形状である駆動用の固定電極3010が設けられている。この櫛歯形状の駆動用の固定電極3010は、櫛歯形状の可動電極3008と噛み合う形で対向している。また駆動用の固定電極3010は低抵抗シリコン基板で形成されており、熱酸化膜3006を介してシリコンで形成されたフレーム3007に固定されている。さらに固定電極3010の表面には固定電極引き出しパッド3011として金属薄膜3012が形成されている。

【0203】ここで、第13の実施例ではミラー部分3001は、ミラー基板のフレーム3007側に形成されているが、本実施例におけるミラー部分3001は、ミラー基板のフレーム3007と反対側に形成されている。基本的な製造方法は第13の実施例と同じである為、ここでは製造方法の説明は省略する。このようにミラー部分3001をフレーム3007と反対側に配置することにより、ミラー部分3001のミラー面よりも上方に配置される構造体が無くなる為、光学設計上の自由度が高くなる。

【0204】本発明の第15の実施例における振動ミラーチップの平面図を図31に示す。本実施例における振動ミラーチップは、ミラー基板における補強梁3003の構造を除いては、第13の実施例と同じ構造である。したがってここでは補強梁3003の構造についてのみ説明す

る。第13の実施例では枠体の内側を架橋する補強梁3003は、ねじり梁3004とほぼ同一直線上の位置に配置されていたのに対し、本実施例における枠体3002の内側を架橋する補強梁3003は、ねじり梁3004の延長上とほぼ直交方向に、すなわちねじり振動の回転軸と直交する方向に、互いに向き合う櫛歯電極3017の形成されている枠体3002の側面の中央部近傍を架橋して配置されている。本実施例の振動ミラーチップは、補強梁3003のパターンを変更することで第13の実施例と同様に製造することが可能である。補強梁3003を本実施例のように配置することにより、本発明の振動ミラーチップの動作時において、櫛歯電極3017の部分が補強梁3003によって支持され、ミラー面の回転方向の変形を低減でき、安定したビーム形状を得ることができる。

【0205】また第16の実施例として、図32に示すように枠体3002の内側を架橋する補強梁として、ねじり梁3004とほぼ同一直線上の位置に、すなわちねじり振動の回転軸に沿った方向に、配置される補強梁3003と、ねじり梁3004とほぼ直交方向に、すなわちねじり振動の回転軸と直交する方向に、互いに向き合う櫛歯電極3017の形成されている枠体側面の中央部付近を架橋して配置される補強梁3003とを合わせ持つミラー基板も作製することができる。このように、ねじり振動の回転軸に対して線対称であり、その回転軸の中心を通り、その回転軸と直交する軸に対しても線対称である補強梁を設けることが好ましい。枠体の内側に設ける補強梁3003は、上述のような配置の対称性を満たせば、ねじり梁3004と平行な方向、又は垂直な方向だけでなく、ねじり梁3004と傾いた方向（ねじり振動の回転軸に対して傾いた方向）であってもよい。このような梁を設けると動作時にミラー部分全体に亘って均等に変形を低減できるので、安定したビーム形状を得ることができる。

【0206】さらに第17の実施例として図33に示したように、枠体3002の内側を架橋する補強梁として、ねじり梁3004とほぼ同一直線上の位置に配置される補強梁3003と、ねじり梁3004とほぼ直交方向に、互いに向き合う櫛歯電極3017の形成されている枠体側面の中央部付近を架橋して配置される補強梁3003を併せ持っている。ここで枠体3002の内側、枠体3002と補強梁3003とが交差する部分、又は補強梁3003が互いに交差する部位のそれぞれのかどが、曲面に形成されている。このように枠体3002と補強梁3003のかどの部分が曲面になっていると、かどの部分への応力集中を緩和することができる為、振動ミラーチップの動作時又は取り扱い時にミラー基板の破損を低減させることができる。

【0207】本発明の第18の実施例における振動ミラーチップの断面図を図34に示す。本実施例における振動ミラーチップにおいては、ミラー基板における補強梁3003の構造を除いては、第13の実施例と同じ構造である。従ってここでは補強梁3003の構造についてのみ説明

する。

【0208】第13の実施例においては、枠体の内側を架橋する補強梁3003の高さは枠体3002の高さと一致していた為、枠体3002及び補強梁3003は共にミラー部分3001の裏面に接合されているのに対して、本実施例における枠体3002の内側を架橋する補強梁3003の高さ（厚さ）は、枠体3002よりも高さ（厚さ）が低く（薄く）、ミラー部分3001と離隔している。これにより、枠体3002は補強梁3003によって剛性を十分に維持すると共に、ミラー部分3001がほぼ全面に亘って補強梁3003から独立しているので、ミラー部分はほとんど歪みが無く、ミラー面は平坦性の高い面精度が得られる。

【0209】本発明の第19の実施例における振動ミラーチップの断面図を図35に示す。本実施例における振動ミラーチップは、ミラー部分3001が枠体3002の高さのほぼ中央位置に配置されている。したがって補強梁3003の高さは枠体3002の高さの約 $1/2$ となっている。枠体3002の高さはねじり梁3004の高さと同じである為、他の実施例ではミラー部分3001の中心が、枠体3002の高さの半分に相当する距離だけ離れた位置で振動していたのに対し、本実施例では、回転軸であるねじり梁の中心軸がミラー部分を通る配置となっている。従ってミラー部分内にあるねじり振動の回転軸まわりにミラー部分が振動することになり、光学設計が容易となる。

【0210】図36は、本発明による光走査装置に装備される光走査モジュールの一例を示す斜視図である。ねじり振動するミラー基板3020は、厚さ $60\mu\text{m}$ のシリコン基板からなり、エッチングによりミラー部分と、ミラー部分を軸支するねじり梁3004とを、それらの周囲を貫通し枠部から分離して形成する。ねじり梁3004を挟んで対向するミラー部分の両辺部分は、櫛歯状に凹凸を形成し、それらの櫛歯と噛み合うように枠部側も凹凸に形成してある。また、ミラー部分のミラー面の裏側はリブ状に梁を残してあり、ミラー面の裏側からエッチングによりミラー部分を $5\mu\text{m}$ まで薄肉化し、軽量化を図っている。ミラー部分及び枠部側の凹凸部には、Au等の金属被膜が蒸着され、ミラー部分の両端の凹凸部を可動電極3008、対向する枠部側の凹凸部を固定電極3010としている。ミラー部分は、固定電極3010の一方に電圧を印加すると対向する可動電極3008との間に静電力を生じ、ねじり梁4がねじれて微小角の回転を起し、各電極に交互に電圧を印加することでねじり振動する。ここで、印加電圧の周波数をミラー部分の共振周波数に近づけると、共振により振幅を拡大することができる。本実施例では、電極間の微小間隔を $4\mu\text{m}$ 、ねじり梁の幅を $60\mu\text{m}$ 、ミラー径を $4\times 2\text{mm}$ とし、 2.5kHz で共振振動する。なお電極を櫛歯状とすることで、ミラー基板3020の外周長をできるだけ長くし、電極の面積を増加させている。これにより、低電圧の印加で、より大きな静電トルクが得られる。フレームは $525\mu\text{m}$ のシリコン基板か

らなり、上述のミラー基板とは絶縁膜を介して接合されており、中央部は貫通してミラー基板3020を覗くことができる。フレーム上には、ミラー基板3020との接合面から約 26° 傾けた反射面を有する第1反射素子3021と、同様に約 9° 傾けた反射面を有する第2反射素子3022とが、光ビームの通過する微小間隔を挟んで互に対向して接合し、屋根状の対ミラーを形成している。上述の反射素子3021, 3022は、各々結晶面方位(110)及び(111)から 9° スライス角度を傾けたシリコン基板からなり、エッチングにより(111)面を露出させ、その(111)面を各ミラーチップとフレームの接合面とする。支持基体は、底板部3026と中央に角穴3030を有する台座部3025とがFe等の焼結金属等で一体成形され、絶縁材料を介して複数の端子3027が貫通して保持されている。ミラー基板3020上に重ね合わせたフレーム3007は、台座部3025に接合して保持され、上述の角穴3030は、ミラー基板3020が揺動する空間となる。電極引き出しパッドはワイヤーボンディングにより各端子3027の上端と結線される。モジュールは、支持基体の底板部の底面を回路基板に突き当てて実装され、端子3027の下端を回路基板のスルーホールに挿入して、半田づけによる電気的な接続がなされると同時に、モジュールは回路基板へ固定される。また台座部3025の外縁には、光ビームの通過する窓3028が形成された箱蓋状のカバー3029が装着され、内部を不活性気体で満たして封止される。尚、振動ミラーチップを支持基体とカバーで3029で封止する際に、不活性気体として粘性抵抗の低い気体を選択する、又は内部を減圧状態とすることで、ミラー基板3020をより低負荷で振動させることができるのでミラー基板の振れ角を大きくすることができる。

【0211】次に図37に、上述の光走査モジュールの断面図を示す。光ビームは、ミラー基板3020の回転軸を含み実装面と垂直な面内(垂直走査断面内)を、実装面の法線に対して約 20° の入射角度で、窓3028及び貫通穴を通過してミラー基板3020に入射する。ミラー基板3020のミラー面で偏向された光ビームは、その後第1反射素子反射面3023で反射され、再度ミラー基板3020のミラー面に入射し、次に第2反射素子反射面3024で反射される。第2反射素子反射面3024とミラー基板3020のミラー面との間で垂直走査断面内の位置を移動しながら反射を繰り返す(本実施例の図37では3回の繰り返し)、貫通穴を通過して入射光線と約 40° の角度、すなわち実装面の法線に対して入射光線と反対側に 20° の角度で射出する。

【0212】本実施例では、このようにミラー基板3020のミラー面で光ビームを多重反射させることで、ミラー基板3020のミラー面の振れ角が小さくても、光ビームは大きな走査角が得られるようにしている。つまり、ミラー基板3020のミラー面がねじれ振動によって傾くと、光ビームは回転軸と垂直方向に多重反射され、光ビームの

反射角度は反射されるごとに増加していく。ここでミラー基板3020のミラー面での総反射回数をN、ミラー基板3020の振れ角を α とすると、射出する光ビームの角度である走査角 θ は、 $2N\alpha$ であり、反射する回数が多いほど大きくなる。図37に示す本実施例の場合、 $\pm 5^\circ$ の振れ角で、ミラー基板3020のミラー面における光ビームの総反射回数が5回なので、走査角 50° が得られる。

【0213】図38は、上述の光走査モジュールを用いた光走査装置を示す。光走査モジュール3031は、半導体レーザの駆動回路と振動ミラーチップのミラー基板の駆動回路とが形成される回路基板3032上に、レーザ光の走査方向に合わせて順次配列されている。また各光走査モジュール3031において、光ビームの走査開始側にはセンサーが回路基板3032上に配置されている。各光走査モジュール3031に対してレーザ光を走査する光学系は、半導体レーザ3033、カップリングレンズ3034、及び走査光学系を構成する第1レンズ3035、第2レンズ3036から構成されている。第1レンズ3035及び第2レンズ3036は、光走査モジュール3031のミラー基板の回転軸を含む垂直走査断面内で各々光軸が一致し、かつレーザ光が走査する面に対して各レンズの側面が平行になるように、ハウジング内に配置され固定される。半導体レーザ3033は、発光源とモニタ用フォトダイオードが組み込まれている汎用の素子を用い、そのリード端子はフレキシブルケーブルにより回路基板3032に結線されている。回路基板3032には、半導体レーザ3033の変調制御を司る回路、及び振動ミラーチップ内の固定電極に駆動パルス電圧を印加する回路等が形成されている。半導体レーザ3033から射出したレーザ光は、第1面が軸対称の非球面、第2面が垂直走査方向に曲率を有するシリンドラ面であるカップリングレンズ3034によって、レーザ光の走査方向には略平行光束に、レーザ光の走査方向と垂直な方向には振動ミラーチップのミラー面で集束するような集束光束になる。レーザ光は、入射ミラーを介して光走査モジュールに入射し、振動ミラーチップによって偏向、走査されて射出される。射出されたレーザ光は、上述の走査光学系により被走査面上に結像され、画像記録がなされる。第2レンズ3036の直前には同期ミラーが配備され、走査開始側の光ビームを反射し、センサーにおいて振動ミラーチップのミラー面の角度変位を検出して、同期信号を発生する。各半導体レーザ3033は、この同期信号に基づき、時間とともに周波数が一回の走査内で変化するパルス列に、画素データを乗せた変調信号をLD駆動部により与えられオン・オフされる。

【0214】ここで光走査モジュール内の振動ミラーチップのミラー部分が枠体の結合される側と反対側にミラー面を有しており、枠体及び枠体の内側を架橋する補強梁がミラー部分と結合していないようなミラー面の部分で、光ビームを反射させるようにすると、ミラー面の歪みが無く平坦性の高い部分で光ビームが反射するので、

安定したビーム形状を得ることができ望ましい。

【0215】図39は、上述の光走査装置を用いた画像形成装置の一例を示す。レーザ光の被走査面である感光体ドラム3041の周囲には、感光体を高圧に帯電する帯電チャージャー3042、光走査装置3040により記録された静電潜像に帯電したトナーを付着して顕像化する現像ローラ3043、現像ローラにトナーを供給するトナーカートリッジ3044、ドラムに残ったトナーを掻き取り備蓄するクリーニングケース3045が配置される。感光体ドラムへは上述のように主走査方向を分割して潜像記録が行われる。記録紙は給紙トレイ3046から給紙口3047により供給され、レジストローラ3048により副走査方向の記録開始のタイミングに合わせて送り出され、感光体ドラムを通過する際に転写チャージャー49によってトナーが転写され、定着ローラ3050で定着して排紙ローラ3051により排紙トレイ3052に排出される。以上のようにして、記録紙に画素データに基づく画像を形成することができる。

【0216】以上、本発明の実施例について説明したが、本発明はそれら実施例の構成のみに限定されるものではなく、様々な変形が許されるものである。

【0217】

【発明の効果】以上に説明したように、請求項1乃至7、請求項9乃至23に記載の光走査装置は、ミラー基板が大きく、板厚が薄くなっても、ミラー基板の変形を抑えてミラー面の平坦性を維持できるため、ビーム形状、焦点位置の安定した光走査が可能である。さらに、請求項2記載の光走査装置は、ミラー面全面を使用可能であるため、使用できるビーム形状の自由度が大きく汎用性に優れる。さらに、請求項3記載の光走査装置は、ミラー基板の慣性モーメントの増加を出来るかぎり抑えつつ、最も変形を生じやすいミラー基板の梁から遠い部分の変形を効果的に抑制することができ、また、半導体プロセスによって補強部をミラー基板と容易に一体形成することができる。さらに、請求項4記載の光走査装置は、ミラー基板のねじれ変形も効果的に抑制し、さらに安定なビーム形状での光走査が可能となり、また、半導体プロセスによって補強部をミラー基板と容易に一体形成することができる。さらに、請求項5記載の光走査装置は、梁とミラー基板との結合強度を高め装置の信頼性を向上できる。さらに、請求項6記載の光走査装置は、可動電極の面積を増加させてミラー基板の駆動電圧を下げる事ができる。さらに、請求項7記載の光走査装置は、ミラー基板の慣性モーメントを小さくして駆動電圧の低電圧化を図ることができる。請求項9記載の光走査装置は、支持部から可動部にかけて一体成形で構成されているため、強度が高く耐久性に優れるとともに、リブ構造によりミラー基板を軽量化しつつ剛性を維持できるので、平板部は静止時だけでなく、振動時にもひずむことなく平坦性を維持でき、したがって、常に安定した

ビーム形状での光走査が可能となる。請求項10記載の光走査装置は、振動時においてミラー基板を縁取りするリブによって、ねじり梁に直交する方向及び平行な方向の変形を効果的に抑えることができ、さらに、ねじり梁を延長してミラー基板を貫通するリブによって振動の中心軸の位置精度を向上させることができるため、安定した走査ビーム形状を得ることができる。請求項11記載の光走査装置は、ミラー面全面が使用できるため、使用できるビーム形状の自由度が大きく汎用性が高い。請求項12記載の光走査装置は、振動時に慣性力が大きくきいてくる方向にリブが配置されるため、ミラー基板の変形をより効果的に低減し、安定した走査ビーム形状を得ることができる。請求項13記載の光走査装置は、振動時に慣性力が大きくきいてくる方向にリブが最短の長さで配置されるので、同リブによるミラー基板の重量増加を最小限に抑えることができるため、振れ角の減少を最小にすることができる。請求項14記載の光走査装置は、ねじり梁に直交する方向及び平行な方向のミラー基板の変形をより小さくすることができ、ミラー基板のねじれ変形にも強く、安定した走査ビーム形状を得ることができ、かつ、ミラー基板の重量増加を最小限に抑えることができるため振れ角の減少を最小にすることができる。請求項15記載の光走査装置は、ミラー基板の重心が回転軸上にくるためミラー基板の安定した振動が得られ、したがって安定した走査ビーム形状を得ることができる。請求項16記載の光走査装置は、ミラー基板の重心が回転軸上の回転軸方向の中心にくるため、ミラー基板の梁方向の変形も少ない安定した振動が得られ、より安定した走査ビーム形状を得ることができる。請求項17又は18記載の光走査装置は、振動時のミラー基板の変形による応力集中を緩和して亀裂の発生を低減することができるため、耐久性が向上する。請求項19記載の光走査装置は、ミラー面に照射されるビームのねじり回転時の位置ずれがなくなり、反射ビームの走査位置精度が向上する。請求項20、21又は22記載の光走査装置は、電極面積をおおきくとすることができるため、駆動電圧を上げることなく静電トルクを増加させ、ミラーの振れ角を大きくすることができる。請求項23記載の光走査装置は、構造材料に欠陥が少ないため信頼性、耐久性が向上し、また、加工が容易であるためコスト的にも優れる。また、請求項26記載の光走査装置は、ミラー振動空間の粘性抵抗が小さくなるため、小さな駆動トルクで大きな振れ角を得ることができる。また、請求項27記載の光書込装置は、安定なビーム形状での光走査が可能であるとともに、回転多面鏡を使用するような光書込装置に比べ、消費電力及び静粛性の面で優れる。また、請求項28記載の画像形成装置は、安定したビーム形状で感光体を走査して良好な品質の静電潜像を感光体上に形成できるとともに、光走査に回転多面鏡を用いる構成に比べ、消費電力及び静粛性の面で優れる。また、

請求項8記載の製造方法によれば、請求項1乃至7記載の光走査装置のミラー基板と補強部を半導体プロセスを用いて一体成形できるので、ミラー基板の変形を抑えてミラー面の平坦性を維持することにより安定した光ビーム形状で光走査が可能な光走査装置を、低コストで製造可能になる。また、請求項24記載の製造方法によれば、光走査装置の可動部が一体形成されるため、強度が高く耐久性に優れた光走査装置を実現できる。請求項25記載の製造方法は、製造工程が簡単であるためコスト的に有利である、等々の効果をえられる。

【0218】また、請求項29乃至19記載の発明によれば、ミラー基板が大型かつ軽量で振れ角が大きく、また動作時におけるミラー基板の変形が低減され、安定したビーム形状を得ることができる振動ミラーチップ、この振動ミラーチップを備える光走査モジュール、光走査装置、及び画像形成装置を提供し、また簡単で低コストな振動ミラーチップの製造方法を提供することができ

る。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による光走査装置の一例を説明するための断面図及び裏面図である。

【図2】本発明による光走査装置の動作説明図である。

【図3】ミラー走査角と駆動パルスのタイミング関係を示す図である。

【図4】本発明による光走査装置の製造工程例を説明するための断面図である。

【図5】本発明による光走査装置の製造工程例を説明するための断面図である。

【図6】本発明による光走査装置の製造工程例を説明するための断面図である。

【図7】本発明による光走査装置のミラー基板の他の一例を説明するための裏面図及び断面図である。

【図8】本発明による光走査装置のミラー基板の他の一例を説明するための裏面図及び断面図である。

【図9】本発明による光走査装置のミラー基板の他の一例を説明するための裏面図及び断面図である。

【図10】本発明による光走査装置の一例を説明するための裏面図及び断面図である。

【図11】ミラー基板の変形量の計算結果を示す図である。

【図12】本発明による光走査装置の製造工程例を説明するための断面図である。

【図13】本発明による光走査装置の製造工程例を説明するための断面図である。

【図14】本発明による光走査装置の製造工程例を説明するための断面図である。

【図15】本発明による光走査装置の製造工程例を説明するための断面図である。

【図16】本発明による光走査装置の製造工程例を説明するための断面図である。

【図17】本発明による光走査装置のミラー基板の一例を説明するための裏面図及び断面図である。

【図18】本発明による光走査装置のミラー基板の他の一例を説明するための裏面図及び断面図である。

【図19】本発明による光走査装置のミラー基板の他の一例を説明するための裏面図である。

【図20】本発明による光走査装置のミラー基板の他の一例を説明するための裏面図及び断面図である。

【図21】本発明による光走査装置のミラー基板の他の一例を説明するための裏面図及び断面図である。

【図22】本発明による光走査装置のミラー基板とねじり梁との位置関係を説明するための断面図である。

【図23】本発明による光走査装置のミラー基板とねじり梁との位置関係を説明するための断面図である。

【図24】本発明による光走査装置を使用した光書き装置及び画像形成装置の一例を説明するための概略構成図である。

【図25】本発明による振動ミラーチップの一例を示す斜視図及び断面図である。

【図26】本発明による振動ミラーチップの動作説明図である。

【図27】本発明による振動ミラーチップの一例を示す平面図及び断面図である。

【図28】本発明による振動ミラーチップの製造方法を説明する図である。

【図29】本発明による振動ミラーチップの製造方法を説明する図である。

【図30】本発明による振動ミラーチップの一例を示す平面図及び断面図である。

【図31】本発明による振動ミラーチップの一例を示す平面図である。

【図32】本発明による振動ミラーチップの一例を示す平面図である。

【図33】本発明による振動ミラーチップの一例を示す平面図である。

【図34】本発明による振動ミラーチップの一例を示す断面図である。

【図35】本発明による振動ミラーチップの一例を示す断面図である。

【図36】本発明による光走査モジュールの一例を示す分解斜視図である。

【図37】本発明による光走査モジュールの一例を示す断面図である。

【図38】本発明による光走査装置の一例を示す分解斜視図及び断面図である。

【図39】本発明による画像形成装置の一例を示す概略構成図である。

【符号の説明】

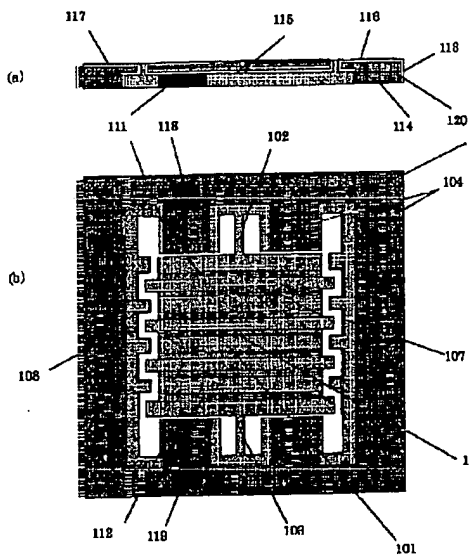
101 ミラー基板

102, 103 ねじり梁

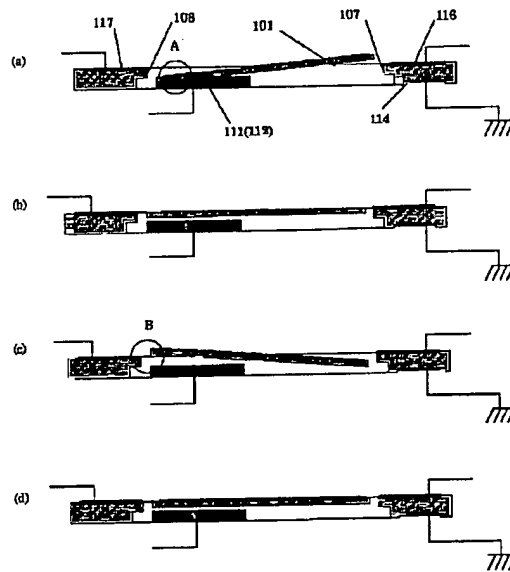
107, 108 駆動用固定電極
111, 112 起動用固定電極
115 金属薄膜 (ミラー面)
121 補強用リブ

3001 ミラー部分
3002 棒体
3003 補強梁
3004 ねじり梁

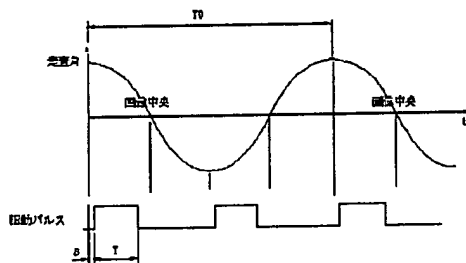
【図1】



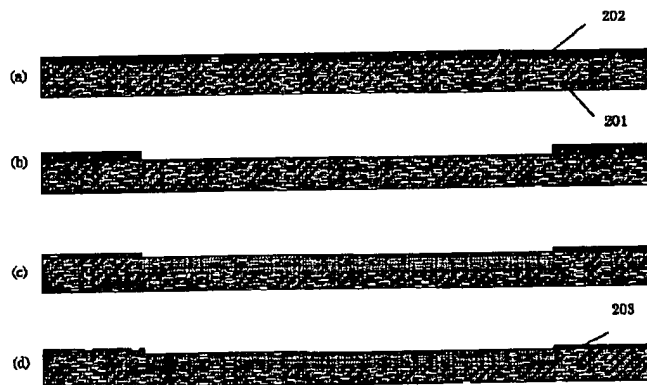
【図2】



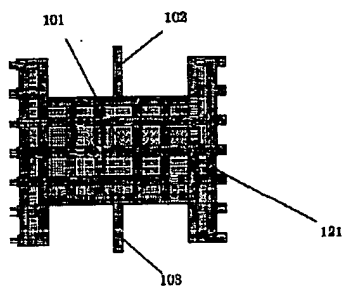
【図3】



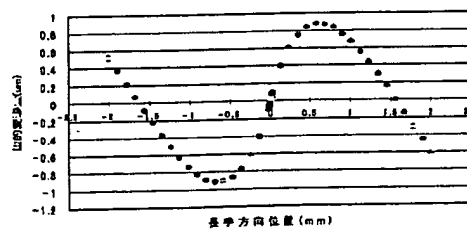
【図4】



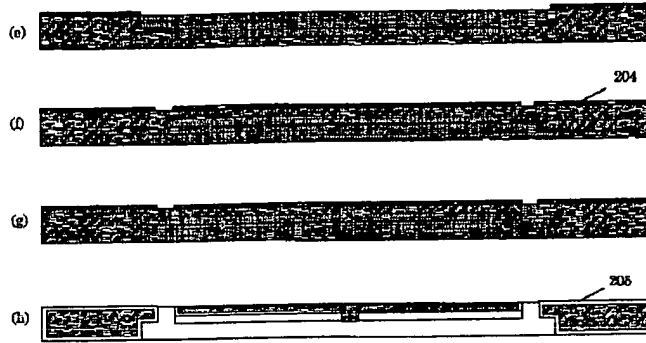
【図9】



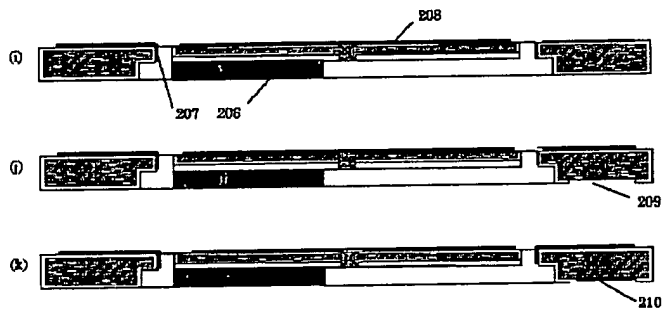
【図11】



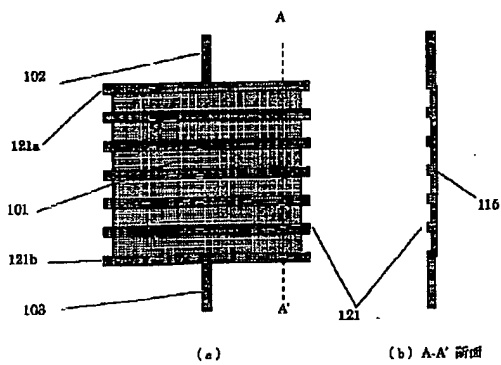
【図5】



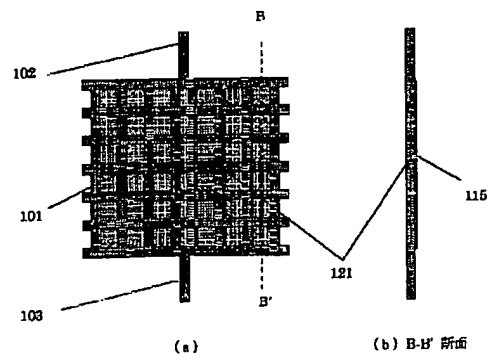
【図6】



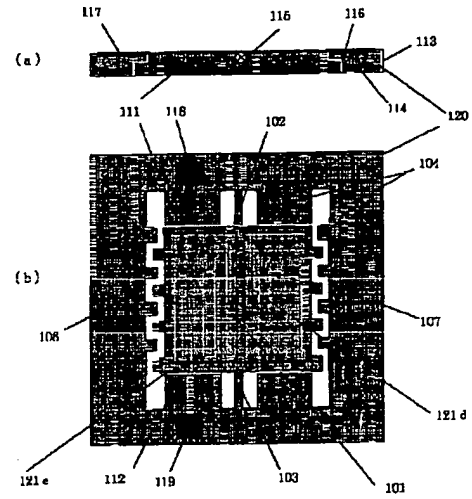
【図7】



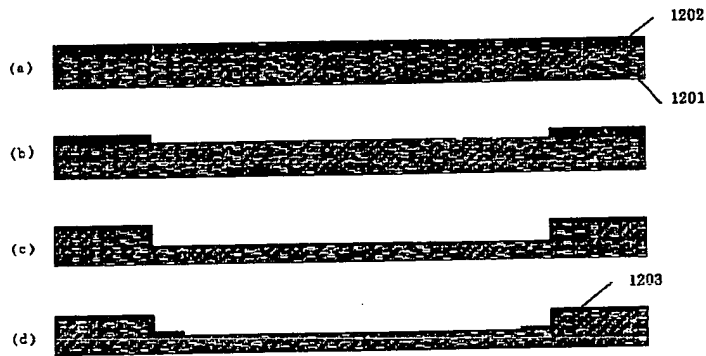
【図8】



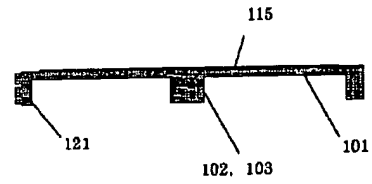
【図10】



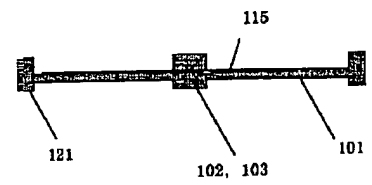
【図12】



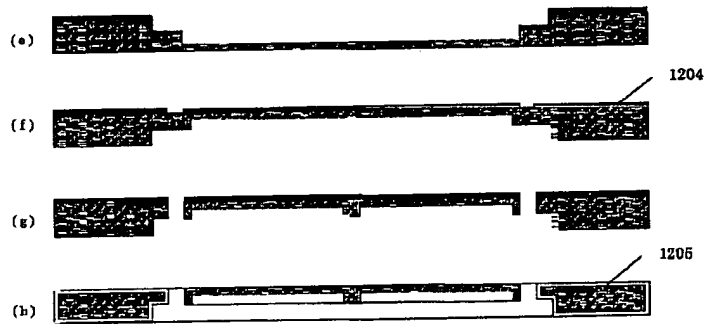
【図22】



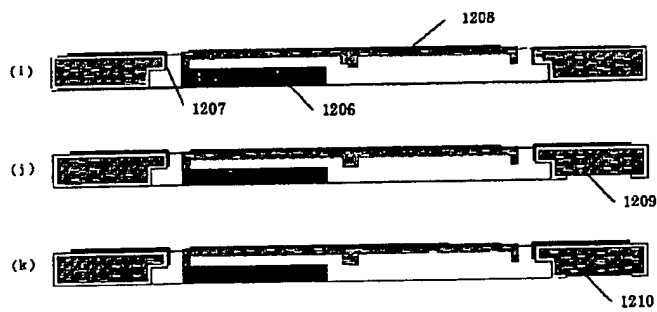
【図23】



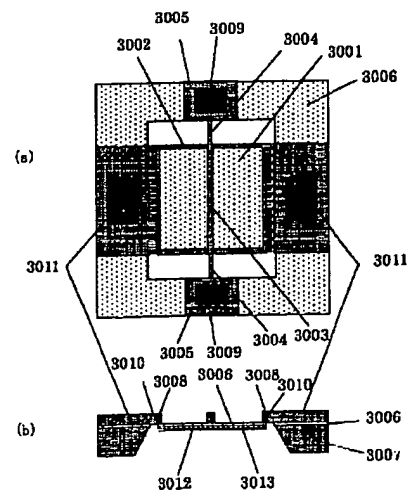
【図13】



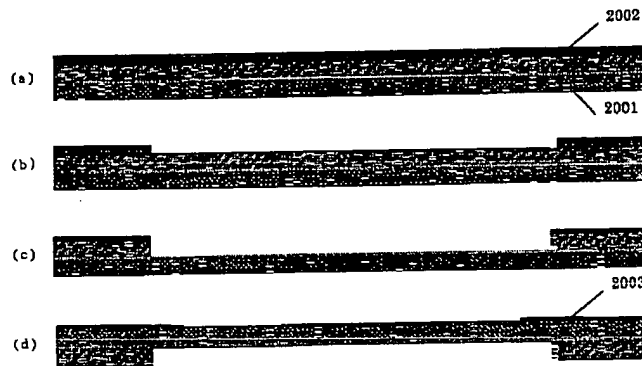
【図14】



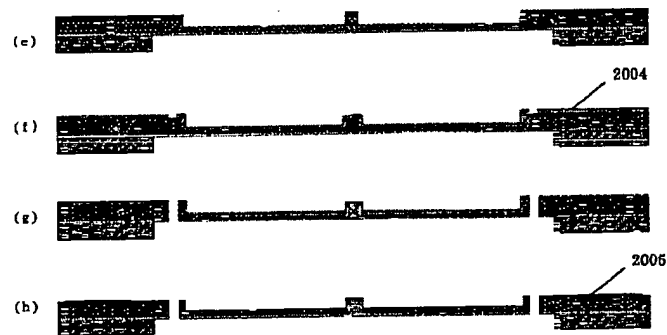
【図27】



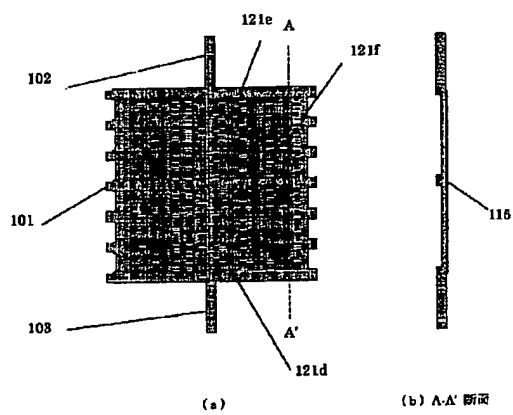
【図15】



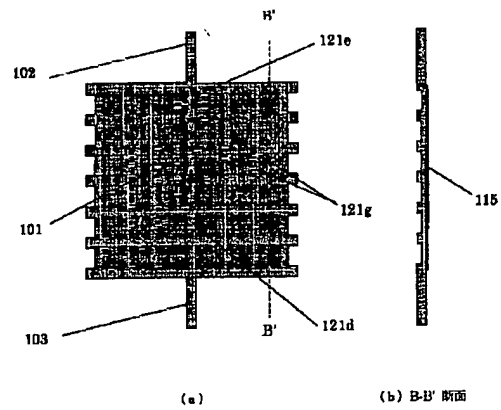
【図16】



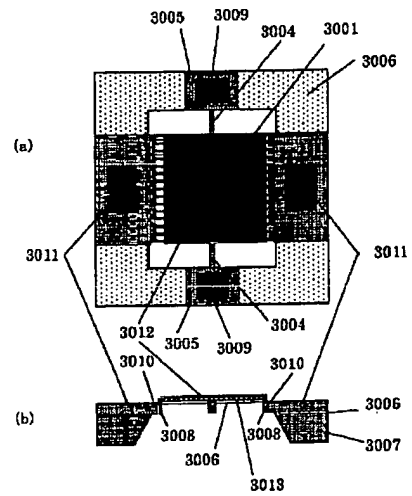
【図17】



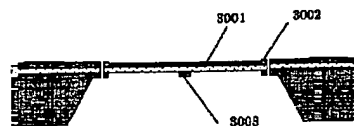
【図18】



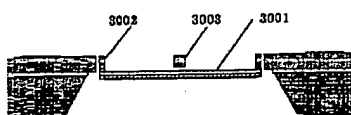
【図30】



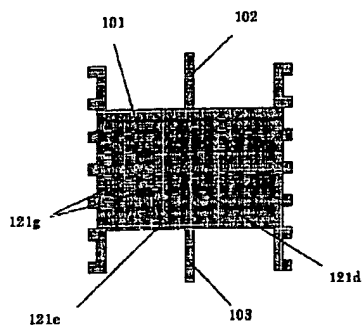
【図35】



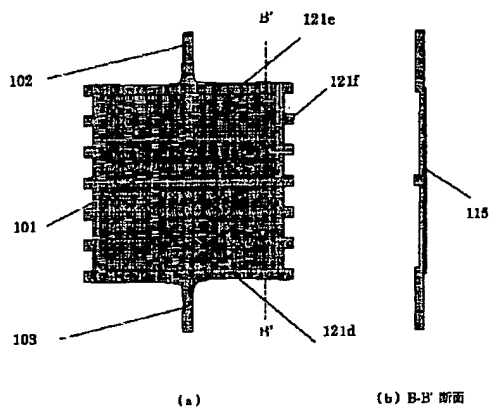
【図34】



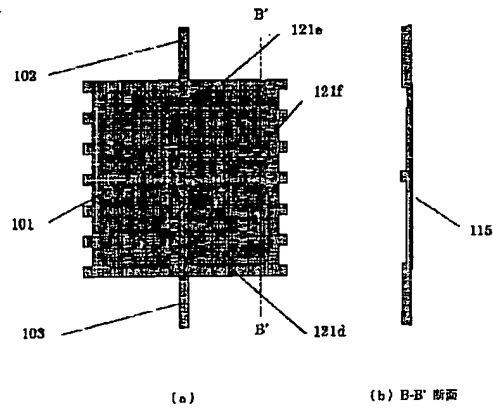
【図19】



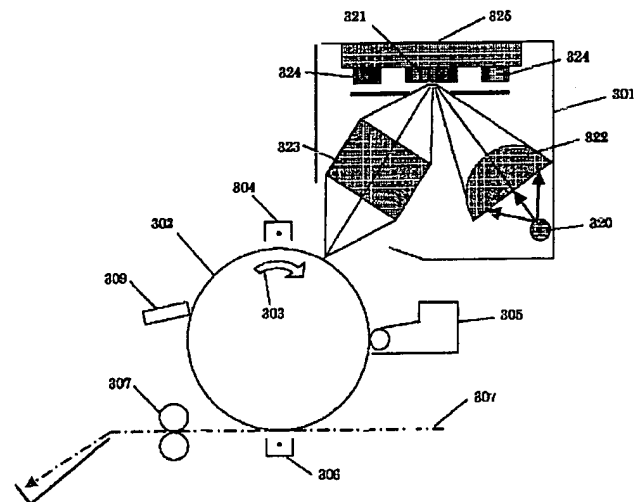
【図21】



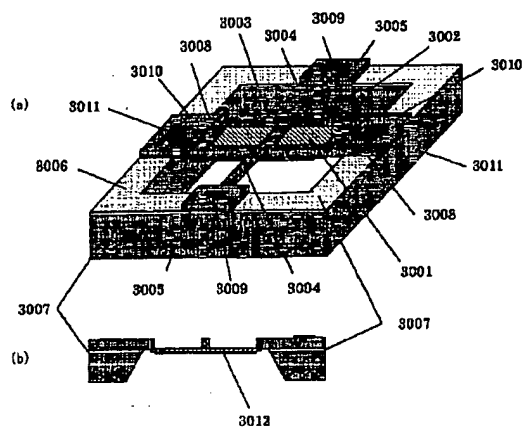
【図20】



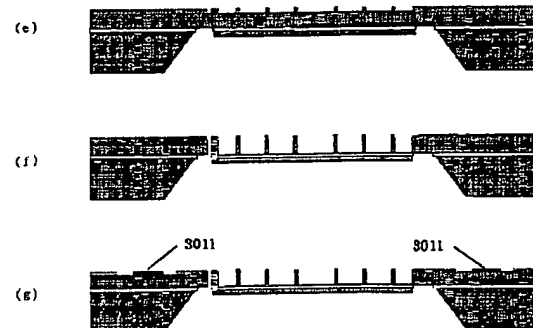
【図24】



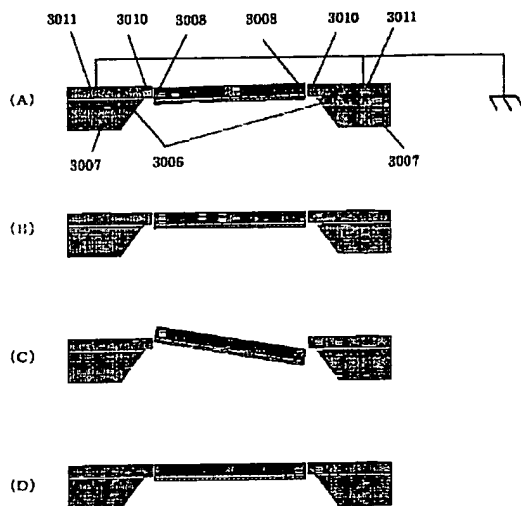
【図25】



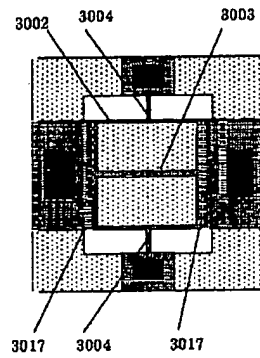
【図29】



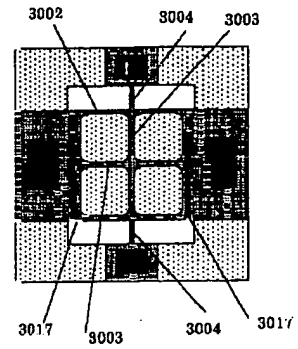
【図26】



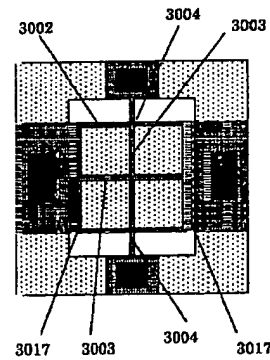
【図31】



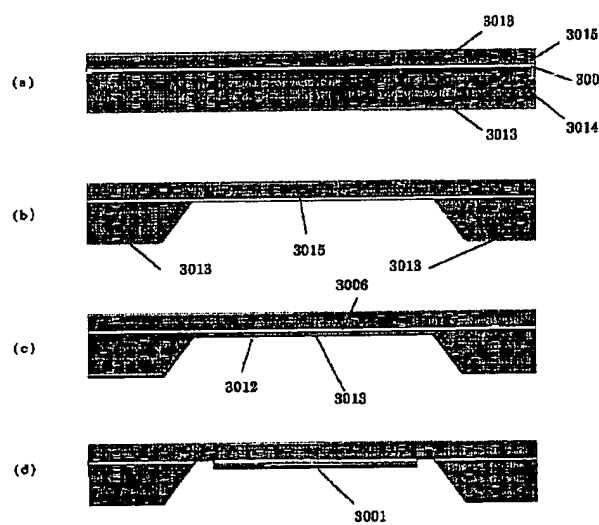
【図33】



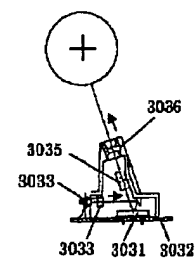
【図32】



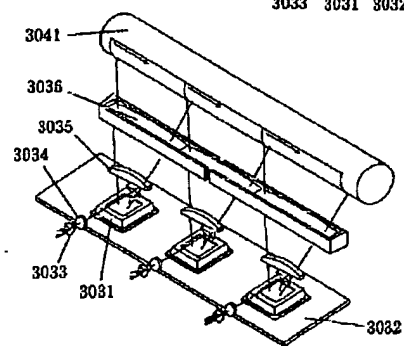
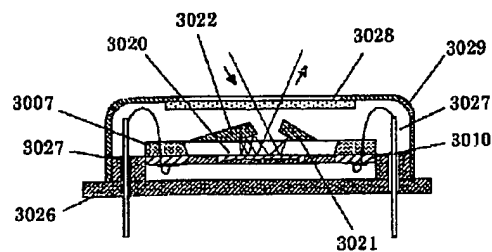
【図28】



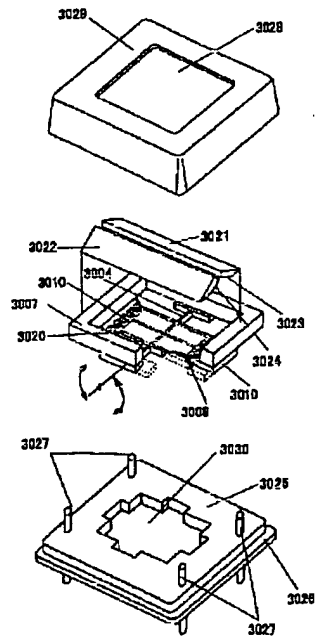
【図38】



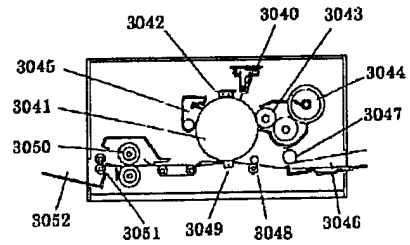
【図37】



【図36】



【図39】



* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] Light-scanning equipment characterized by forming the reinforcement section for suppressing the deformation to said mirror substrate in the mirror substrate supported with two beams prepared on the same straight line, and the light-scanning equipment which has a mirror driving means for twisting said beam and carrying out both-way vibration of said mirror substrate as a revolving shaft.

[Claim 2] Said reinforcement section is light-scanning equipment according to claim 1 characterized by being formed in the mirror side of said mirror substrate, and the field of the opposite side.

[Claim 3] Said reinforcement section is light-scanning equipment according to claim 2 characterized by consisting of a protruding line-like rib prolonged in the direction which intersects perpendicularly with said beam.

[Claim 4] Said reinforcement section is light-scanning equipment according to claim 2 characterized by consisting of a grid-like protruding line-like rib.

[Claim 5] Light-scanning equipment according to claim 1, 2, 3, or 4 characterized by forming said reinforcement section also in the edge combined with said beam of said mirror substrate.

[Claim 6] Claim 1 characterized by forming said reinforcement section also in the edge which acts as a movable electrode which is the element of said mirror driving means of said mirror substrate thru/or light-scanning equipment of five given in any 1 term.

[Claim 7] Said mirror substrate is claim 1 characterized by having the flat-surface configuration where width of face is the widest, by part for the both ends said whose beam was pinched thru/or light-scanning equipment of six given in any 1 term.

[Claim 8] The manufacture approach of the light-scanning equipment which is the manufacture approach of light-scanning equipment of having the mirror substrate supported with two beams prepared on the same straight line, and a mirror driving means for twisting said beam and carrying out both-way vibration of said mirror substrate as a revolving shaft, and is characterized by to form the reinforcement section for carrying out etching processing of the silicon substrate at a concave, and suppressing deformation of said mirror substrate by the heights which remained.

[Claim 9] It is supported by the torsion beam, have the mirror substrate which carries out both-way vibration by setting a revolving shaft as said torsion beam, and a single substrate is penetrated. In the light-scanning equipment with which said torsion beam, said mirror substrate, and the frame that combines said torsion beam and supports a mirror substrate were really formed said mirror substrate Light-scanning equipment characterized by having the field of the rib which made said torsion beam and thickness the same, and a meat omission field thinner than the thickness of said torsion beam.

[Claim 10] Said mirror substrate is light-scanning equipment according to claim 9 characterized by having the rib which extends said torsion beam and penetrates said mirror substrate, and the rib which borders said mirror substrate.

[Claim 11] Said mirror substrate is light-scanning equipment according to claim 9 characterized by having a mirror side in a field with said rib field and said meat omission field, and the field of the opposite side.

[Claim 12] Said mirror substrate is light-scanning equipment according to claim 10 characterized by intersecting said rib which extends said torsion beam and penetrates said mirror substrate, and having the rib which constructs a bridge in said rib which borders said mirror substrate.

[Claim 13] Light-scanning equipment according to claim 12 characterized by passing in the direction which intersects perpendicularly with said rib with which said rib which constructs a bridge in said rib which borders said mirror substrate extends said torsion beam, and penetrates said mirror substrate.

[Claim 14] Said mirror substrate is light-scanning equipment according to claim 10, 12, or 13 characterized by having the rib of the shape of two or more grid.

[Claim 15] Light-scanning equipment according to claim 14 characterized by having arranged the rib of the shape of said grid so that the center of gravity of said mirror substrate may come on said rib which extends said torsion beam and penetrates said mirror substrate.

[Claim 16] Light-scanning equipment according to claim 14 characterized by having arranged the rib of the shape of said grid so that the center of gravity of said mirror substrate may become the center position of said rib which extends said torsion beam and penetrates said mirror substrate.

[Claim 17] Light-scanning equipment according to claim 10 characterized by the angle like the intersection of said rib being a curve-like.

[Claim 18] Light-scanning equipment according to claim 10 characterized by the angle of the part where said torsion beam and said rib which borders said mirror substrate cross being a curve-like.

[Claim 19] Said mirror substrate and said torsion beam are light-scanning equipment according to claim 11 characterized by being in the physical relationship said whose mirror side and medial axis of said torsion beam correspond.

[Claim 20] Light-scanning equipment according to claim 10 characterized by having prepared the movable electrode in the part parallel to said torsion beam of said rib which trims said mirror substrate, having countered with this movable electrode and preparing a fixed electrode in said frame.

[Claim 21] Light-scanning equipment according to claim 20 characterized by the ***** rather than the die length of said rib with which the die length of a part parallel to said torsion beam of said rib which trims said mirror substrate extends said torsion beam, and penetrates said mirror substrate.

[Claim 22] Said movable electrode and fixed electrode are light-scanning equipment according to claim 20 characterized by being a ctenidium-like.

[Claim 23] Light-scanning equipment according to claim 9 characterized by forming said mirror substrate and said torsion beam with single crystal silicon.

[Claim 24] The manufacture approach of the light-scanning equipment according to claim 10 characterized by said mirror substrate and said torsion beam really forming by micro processing of the same ingredient substrate.

[Claim 25] The manufacture approach of the light-scanning equipment according to claim 10 which carries out micro processing of the same ingredient substrate to a concave, and is characterized by forming said meat omission field of said mirror substrate, and forming the field of said rib of said mirror substrate by the heights which remained.

[Claim 26] Claim 1 characterized by holding in the reduced pressure container possessing the part which has the light beam deflected with said mirror substrate in a means to drive said mirror substrate and this mirror substrate penetrated, and the terminal area for connection with said driving means thru/or light-scanning equipment of 23 given in any 1 term.

[Claim 27] Equipment write-in [optical] characterized by having claim 1 thru/or the light-scanning equipment of 23 given in any 1 term, a means for carrying out incidence of the light beam modulated by the record signal to the mirror side of the mirror substrate of said light-scanning equipment, and a means for carrying out image formation of said light beam reflected in respect of the mirror to a scan layer-ed.

[Claim 28] Claim 1 thru/or the light-scanning equipment of 23 given in any 1 term, and electrostatic latent-image support, The means for carrying out incidence of the light beam modulated by the record signal to the mirror side of the mirror substrate of said light-scanning equipment, Image formation equipment characterized by forming the electrostatic latent image which has a means for carrying out image formation of said light beam reflected in respect of the mirror to said electrostatic latent-image

support, and followed said record signal on said electrostatic latent-image support.

[Claim 29] It is the oscillating mirror chip characterized by having the frame combined with the mirror part in which said mirror substrate was formed in the shape of a thin film in the oscillating mirror chip which has the mirror substrate which is supported with a torsion beam and deflects a light beam, and the mirror driving means to which torsional oscillation of said mirror substrate is carried out by setting a revolving shaft as said torsion beam, and said mirror part.

[Claim 30] Said mirror part is an oscillating mirror chip according to claim 29 characterized by having a mirror side in the opposite side the side with which said frame is combined.

[Claim 31] Said frame is an oscillating mirror chip according to claim 29 or 30 characterized by having the reinforced beam which constructs a bridge in the inside of said frame on extension of said torsion beam.

[Claim 32] Said frame is the oscillating mirror chip of 31 claim 29 characterized by having a reinforced beam in the direction which intersects perpendicularly with said revolving shaft thru/or given in any 1 term.

[Claim 33] Claim 29 which is axial symmetry and is characterized by having the reinforced beam which is axial symmetry to the shaft which intersects perpendicularly with said revolving shaft through the core of said revolving shaft to said revolving shaft thru/or the oscillating mirror chip of 32 given in any 1 term.

[Claim 34] At least one of the corner of a part that the corner, said inside frame, and said inside reinforced beam of said frame cross, and the corners of a part that said reinforced-beam comrade crosses a list mutually is the oscillating mirror chip of 33 claim 29 characterized by being formed in a curved surface thru/or given in any 1 term.

[Claim 35] Said frame and/or said reinforced beam are the oscillating mirror chip of 34 claim 29 characterized by being the same thickness as said torsion beam thru/or given in any 1 term.

[Claim 36] Said reinforced beam is the oscillating mirror chip of 34 claim 31 characterized by being isolated with said mirror part thru/or given in any 1 term.

[Claim 37] Said mirror part is the oscillating mirror chip of 34 claim 29 characterized by the medial axis of said torsion beam passing along said mirror part thru/or given in any 1 term.

[Claim 38] Said mirror part is the oscillating mirror chip of 37 claim 29 characterized by being formed with the thin film which has tensile stress thru/or given in any 1 term.

[Claim 39] Said mirror part is the oscillating mirror chip of 38 claim 29 characterized by being formed of multilayers thru/or given in any 1 term.

[Claim 40] Said mirror driving means is the oscillating mirror chip of claim 29 ** 39 characterized by having the movable electrode prepared in said frame, and said movable electrode and the fixed electrode installed in the location which counters given in any 1 ****.

[Claim 41] Said movable electrode is an oscillating mirror chip according to claim 40 characterized by being a ctenidium-like.

[Claim 42] The light-scanning module characterized by having in a container the oscillating mirror chip of 41 claim 29 thru/or given in any 1 term, the transparency part of the light beam deflected with this oscillating mirror chip, and the terminal area connected to said mirror driving means of said oscillating mirror chip.

[Claim 43] The light-scanning module according to claim 42 characterized by having the reflecting optical system to which the multiple echo of said light beam is furthermore carried out on said mirror substrate of said oscillating mirror chip.

[Claim 44] Light-scanning equipment characterized by having a light source means to generate a light beam, the light-scanning module according to claim 42 or 43 which scans this light beam, and the optical system to which image formation of said light beam scanned with this light-scanning module is carried out.

[Claim 45] Said oscillating mirror chip is light-scanning equipment according to claim 44 which is the part of said mirror side which said reinforced beam over which said mirror part has a mirror side in the side and the opposite side where said frame is combined, and constructs a bridge in the inside of said

frame and this frame has not combined with said mirror part, and is characterized by said light beam reflecting.

[Claim 46] Image formation equipment characterized by having light-scanning equipment according to claim 44 or 45, the photo conductor which forms an electrostatic latent image with this light-scanning equipment, a development means to develop said electrostatic latent image with a toner, and an imprint means to imprint the toner image which this development means developed on the recording paper.

[Claim 47] In the manufacture approach of an oscillating mirror chip equipped with the frame combined with the thin film-like mirror part from a substrate, and this mirror part, and the reinforced beam which constructs a bridge in the inside of this frame The membrane formation step which forms a mirror layer at least to the field of the side which forms said mirror part of said substrate, The mask formation step which forms the mask pattern which leaves said frame and said reinforced beam in the field which forms said mirror part of said substrate, and the field of the opposite side, The manufacture approach characterized by including the penetration step which penetrates the periphery of said mirror part by penetration etching of a substrate from the field which forms said mirror part of said substrate, and the field of the opposite side.

[Claim 48] The field of the side which said substrate is a silicon substrate which has an etching halt layer in between, and forms said mirror part is the manufacture approach according to claim 47 characterized by being the field of an etching halt layer.

[Claim 49] Said membrane formation step is the manufacture approach according to claim 47 or 48 characterized by including membrane formation of the stress accommodation film further.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the light-scanning equipment of a configuration of twisting a beam and carrying out both-way vibration of the minute mirror supported with two beams as a revolving shaft.

[0002]

[Description of the Prior Art] As for this kind adapting a micro-machining technique of light-scanning equipment, promising ** of the application to the reading system of readers, such as a system of image formation equipments, such as a digital copier and a laser beam printer, write-in [optical], and a bar code reader, a scanner, is carried out.

[0003] With the light-scanning equipment carried by IBM J.Res.Develop Vol.24 (1980), with the electrostatic attraction between the electrodes which formed the mirror substrate supported with two beams prepared on the same straight line in the location which counters a mirror substrate, two beams are twisted and both-way vibration is carried out as a revolving shaft. Structure is easy, and since package formation in a semi-conductor process is possible, this light scanning equipment form with a micro-machining technique is easy to miniaturize, and since it is a both-way scan further, it can expect [since a manufacturing cost is also a low and single anti-slant face, it does not have two or more dispersion of the precision by the field, and] the effectiveness of being able to respond also to improvement in the speed as compared with the light scanning equipment by rotation of the polygon mirror using the conventional motor.

[0004] The 13 th Annual International Workshop on MEMS2000 (2000) 473 [moreover,] -478 and MEMS1999 333-338 **** -- in order to enlarge the deflection angle of a mirror substrate, the torsional-oscillation mold light-scanning equipment of the electrostatic drive which prepares a counterelectrode in the end face of a mirror substrate so that an electrode may not lap with the oscillating field is proposed. These light-scanning equipments are driven with the electrostatic attraction between the fixed electrodes which separate a minute gap to the mirror substrate and mirror substrate end face as a movable electrode which consists of silicon of 20 micrometers of board thickness, and counter them, and two electrodes are formed in the same part. The 13 th Annual International Workshop on MEMS2000 (2000) 473-478 With the light-scanning equipment of a publication, although the initial moment to the torsion revolving shaft for starting a mirror substrate is given, the minute asymmetry of the structure produced in a formation process is used. On the other hand, it is MEMS1999 333-338. With the light-scanning equipment of a publication, the metal-electrode thin film for starting is arranged on the field which intersects perpendicularly with a drive electrode.

[0005] Moreover, in order to lower the electrical potential difference for driving a mirror substrate, the light-scanning equipment to which both opposed face product was made to increase as a ctenidium-like configuration is also proposed in the edge and fixed electrode of a mirror substrate (patent No. 2924200, patent No. 3011144).

[0006] Furthermore, Optical MEMS 2000 It sets, the oscillating mirror chip which uses a thin film

mirror is made as an experiment, the polish recon of tensile stress was formed in the circular frame, the ctenidium-like electrode was formed in the location lengthened in parallel with the torsion beam of the outside of a frame, and it has the device to which it twists with the electrode arranged up and down, and torsional oscillation of the beam is carried out.

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] The mirror substrate of the light-scanning equipment of the torsional-oscillation mold produced using a micro-machining technique is formed by the approach of making it penetrate by the dry etching of a silicon substrate generally, and is several 10 micrometers as thickness of a mirror substrate. For example, The 13 th Annual International Workshop on MEMS2000 (2000) 473-478 With the light-scanning equipment of a publication, the mirror substrate of 1.5mm[a maximum of] ** is formed by 30 micrometers of board thickness, and it is MEMS1999 333-338. With the indicated light-scanning equipment, the mirror substrate of 3mm[a maximum of] ** is formed by 20 micrometers of board thickness.

[0008] Thus, also in the thin mirror substrate of board thickness, one side of a mirror substrate may have to be made into the magnitude of several mm depending on the need beam diameter in the breadth or the real use part of light from the light source.

[0009] Here, if I and driving torque are set to Trq and the viscous drag of ω and mirror oscillating space is set to δ for angular velocity, the deflection angle θ of a mirror can express the moment of inertia of a mirror with a degree type.

$\theta = Trq \times K(\omega, \delta) / I$, however $K(\omega, \delta)$ are oscillating multipliers.

[0010] If weight of a mirror is set to M and ρ , width of face of a mirror, die length, and thickness are set to b , a , and t for a consistency, respectively, moment-of-inertia I of a mirror can be expressed with a degree type.

$I = \rho t a b [I = M / (a^2 + b^2)] (a^2 + b^2) / 12$ [0011] It turns out that what is necessary is to make a mirror light and just to make moment of inertia small as structure for swaying from this and enlarging an angle.

[0012] On the other hand, if the torsional resilience multiplier of a beam is set to I , the resonance frequency f of a mirror can express the moment of inertia of k and a mirror with a degree type for it.

$f = 1/2\pi \sqrt{k/I}$

Here, if c and height are set to t and die length is set to L , the torsion elastic modulus k can express the width of face of a beam with a degree type.

$K = \beta t c^3 EL$, however $(1 + \nu) \beta$ are [Young's modulus and ν of a coefficient of sectional form and E] Poisson's ratios.

[0013] Thereby, in order to make resonance frequency of a mirror high, it turns out that what is necessary is to enlarge a torsion elastic modulus by enlarging the cross section of a beam or shortening die length, or to make a mirror light, and just to make moment of inertia small.

[0014] Now, it is effective to make a mirror light and to make moment of inertia small, also in order to enlarge a deflection angle and to carry out high-speed operation, and lightweight-izing of a mirror is indispensable to it as a structural means for enlarging a deflection angle especially. However, when board thickness of a mirror was made thin for lightweight-izing, maintaining magnitude required as a mirror substrate and a high-speed drive was required, it became difficult for a mirror substrate to deform at the time of vibration, and to maintain the shape of mirror surface type uniformly, and there was a problem that the fault of changing the shape of beam and a focal location arose. Moreover, the problem that it will be difficult and resonance frequency will vary by dispersion in board thickness had also controlled board thickness by the production process with high precision.

[0015] Moreover, Optical MEMS 2000 Although the optical scanner which produced the mirror with the thin film and supported the perimeter with the frame in the report was made as an experiment, in the present condition, magnitude was 1mm or less, and when this was used having made the large-sized mirror correspond as it is, there was a problem that a mirror deformed at the time of actuation with high frequency, or the frame of the perimeter which is supporting the mirror deformed with the tensile stress of the mirror of a thin film.

[0016] This invention is made in view of a trouble which was described above, and the main purpose is in offering the light-scanning module, the equipment write-in [optical], and image formation equipment which used them for the light-scanning equipment or the oscillating mirror chip in which light scanning with it is possible, and the list, even when high-speed operation of the large-sized mirror substrate is carried out on a big deflection square. [small deformation of a mirror side and] [stable] Moreover, another purpose of this invention is about such light-scanning equipment or an oscillating mirror chip to offer [easy and] the approach of manufacturing by low cost.

[0017]

[Means for Solving the Problem] The light-scanning equipment by this invention is characterized by forming the reinforcement section for suppressing the deformation to said mirror substrate, although it was the basic configuration which has the mirror substrate supported with two beams according to claim 1 were prepared on the same straight line like, and a mirror driving means for twisting said beam and carrying out both-way vibration of said mirror substrate as a revolving shaft. As mentioned above, if board thickness becomes [a mirror substrate] large thinly, it will be easy to deform a mirror substrate at the time of vibration with high frequency, but with the light-scanning equipment of this invention, since such deformation is suppressed and the surface smoothness of a mirror side can be maintained by the reinforcement section formed in the mirror substrate, the shape of beam and a focal location are stabilized.

[0018] Another description of the light-scanning equipment by this invention is a thing [that the reinforcement section is formed in the mirror side of a mirror substrate and the field of the opposite side] according to claim 2 like, even if the reinforcement section is formed, since it is usable, a mirror side has the large degree of freedom of the shape of beam which can be used, and its versatility of light-scanning equipment increases the whole surface.

[0019] Another description of the light-scanning equipment by this invention is consisting of a protruding line-like rib prolonged in the direction according to claim 3 in which a beam and the reinforcement section cross at right angles like, and it can control effectively deformation of a part far from the beam of the mirror substrate which is the easiest to produce deformation, stopping [whether the increment in the moment of inertia of a mirror substrate can be performed, and]. Moreover, the reinforcement section which consists of a protruding line can really be easily formed with a mirror substrate according to a semi-conductor process like the after-mentioned.

[0020] Like, another description of the light-scanning equipment by this invention is a thing [that the reinforcement section consists of a grid-like protruding line-like rib] according to claim 4, it also controls torsion deformation of a mirror substrate effectively, and light scanning in the stable shape of beam of it becomes possible. Moreover, the reinforcement section which consists of a protruding line-like rib of the shape of such a grid can also a mirror substrate and really be easily formed according to a semi-conductor process.

[0021] Another description of the light-scanning equipment by this invention is that the reinforcement section is formed also in the edge according to claim 5 combined with the beam of a mirror substrate like, it can increase the joint cross section of a beam and a mirror substrate, can raise that bond strength, and can raise the dependability of light-scanning equipment while it can control deformation of a mirror substrate more certainly by the reinforcement section of this edge.

[0022] Another description of the light-scanning equipment by this invention is that the reinforcement section is formed also in the mirror substrate edge according to claim 6 which acts like as a movable electrode which is the element of a mirror driving means, by the reinforcement section, can make the area of a movable electrode able to increase and the reinforcement effectiveness not only increases, but it can lower the driver voltage of a mirror substrate.

[0023] The shooting-that of light-scanning equipment by this invention description is considering as the flat-surface configuration width of face's being the widest, by part for the both ends according to claim 7 whose beam's was pinched for the mirror substrate like, can make moment of inertia of a mirror substrate small, and can attain low-battery-ization of driver voltage.

[0024] Moreover, the description of the manufacture approach of the light-scanning equipment by this

invention Since it is forming the reinforcement section for carrying out etching processing of the silicon substrate at a concave, and suppressing deformation of a mirror substrate like by the heights according to claim 8 which remained and a mirror substrate and the reinforcement section can really be fabricated using a semi-conductor process Manufacture by low cost is attained in the light-scanning equipment in which light scanning is possible in the light beam configuration stabilized by suppressing deformation of a mirror substrate and maintaining the surface smoothness of a mirror side.

[0025] Moreover, the light-scanning equipment by this invention has the mirror substrate according to claim 9 which is supported by the torsion beam like, sets a revolving shaft as said torsion beam, and carries out both-way vibration, and penetrates a single substrate. In the light-scanning equipment with which said torsion beam, said mirror substrate, and the frame that combines said torsion beam and supports a mirror substrate were really formed said mirror substrate It is characterized by having the field of the rib which made said torsion beam and thickness the same, and a meat omission field thinner than the thickness of said torsion beam. Since surface smoothness can be maintained without distorting the monotonous section also at the time of vibration only at the time of quiescence since it be really formed from the supporter, such light scanning covering [of a configuration] it over moving part and rigidity be maintainable, reinforcement being highly excellent in endurance, and lightweight-izing a mirror substrate according to rib structure, light scanning in the always stabilized shape of beam become possible.

[0026] Said mirror substrate has another description of the light-scanning equipment by this invention in having the rib according to claim 10 which extends said torsion beam and penetrates said mirror substrate, and the rib which borders said mirror substrate like. Such light-scanning equipment of a configuration can obtain the stable scan shape of beam from it being effective in raising the location precision of the medial axis of vibration with the rib which can reduce deformation of the direction and the parallel direction which intersect perpendicularly with a torsion beam, extends a torsion beam further, and penetrates a mirror substrate with the rib which trims a mirror at the time of vibration.

[0027] Another description of the light-scanning equipment by this invention is to have a mirror side in the field according to claim 11 where said mirror substrate has said rib field and said meat omission field like, and the field of the opposite side. According to such a configuration, since the whole mirror side surface can be used, the degree of freedom of the shape of beam which can be used is large, and versatility improves.

[0028] Said mirror substrate has another description of the light-scanning equipment by this invention in intersecting said rib according to claim 12 which extends said torsion beam and penetrates said mirror substrate, and having the rib which constructs a bridge in said rib which borders said mirror substrate like. Thus, for a ** reason, the rib which constructs a bridge in the rib which borders a mirror substrate can reduce deformation of a mirror substrate effectively with the rib of the direction which inertial force hears greatly at the time of vibration, and can obtain the stable scan shape of beam.

[0029] Another description of the light-scanning equipment by this invention is to pass in the direction which intersects perpendicularly with said rib with which said rib which constructs a bridge like in said rib according to claim 13 which borders said mirror substrate extends said torsion beam, and penetrates said mirror substrate. That is, since a rib will be arranged by the shortest die length in the direction which inertial force hears greatly, deformation of a mirror substrate can be reduced effectively, while the stable scan shape of beam can be obtained, the increment in weight of the mirror substrate by this rib can be suppressed to the minimum, and reduction of a deflection angle can be made into min.

[0030] Another description of the light-scanning equipment by this invention Since said mirror substrate is in a thing [having the rib of the shape of two or more grid] according to claim 14, can make smaller deformation of the mirror substrate of the direction which intersects perpendicularly with a torsion beam, and an parallel direction and becomes strong also to torsion deformation of a mirror substrate like, Since the stable scan shape of beam can be obtained and the increment in weight of a mirror substrate can be suppressed to the minimum, reduction of a deflection angle can be made into min.

[0031] Another description of the light-scanning equipment by this invention is to have arranged the rib of the shape of said grid so that it may come on said rib according to claim 15 with which the center of

gravity of said mirror substrate extends said torsion beam, and penetrates said mirror substrate like. Thus, the scan shape of beam which vibration of a mirror substrate was stabilized when it was made for the center of gravity of a mirror substrate to come on a revolving shaft, therefore was stabilized can be obtained.

[0032] Another description of the light-scanning equipment by this invention is to have arranged the rib of the shape of said grid so that it may become the center position of said rib according to claim 16 with which the center of gravity of said mirror substrate extends said torsion beam, and penetrates said mirror substrate like. Thus, since the center of gravity of a mirror substrate comes to the core of the direction of a revolving shaft on a revolving shaft, little stable vibration is obtained and deformation of the direction of a beam of a mirror substrate can also obtain the scan shape of beam stabilized more.

[0033] Since another description of the light-scanning equipment by this invention is in a thing [that the angle like the intersection of said rib is a curve-like] according to claim 17 like, the stress concentration at the time of vibration in the part is eased and the crack initiation from there decreases, endurance improves.

[0034] Since it is in the angle of the part where said torsion beam and said rib which borders said mirror substrate according to claim 18 cross like being a curve-like, the stress concentration at the time of vibration in the part is eased and the crack initiation of another description of the light-scanning equipment by this invention from there decreases, its endurance improves.

[0035] Said mirror substrate and said torsion beam have another description of the light-scanning equipment by this invention in it being in the physical relationship according to claim 19 said whose mirror side and medial axis of said torsion beam correspond like. By considering as such physical relationship, the location gap at the time of torsion rotation of the beam irradiated by the mirror side can be lost, and the scan location precision of a reflective beam can be raised.

[0036] Another description of the light-scanning equipment by this invention is to have countered with this movable electrode and have prepared [the movable electrode was prepared in the part parallel / like / to said torsion beam of said rib according to claim 20 which trims said mirror substrate, and] the fixed electrode in said frame. Without making an electrode surface product increase and raising driver voltage by taking the large board thickness lay length of an electrode, electrostatic big torque can be acquired, it can sway and an angle can be made to increase according to such a configuration.

[0037] Another description of the light-scanning equipment by this invention is in a ***** rather than the die length of said rib with which the die length of a part parallel [like] to said torsion beam of said rib according to claim 21 which trims said mirror substrate extends said torsion beam, and penetrates said mirror substrate. According to such a configuration, since the large die length of a movable electrode can be taken, the further increment is possible in an electrode surface product, therefore it carries out by making electrostatic torque increase further, without raising driver voltage, and it becomes possible to vibrate a mirror substrate on a bigger deflection square.

[0038] Another description of the light-scanning equipment by this invention is in a thing [that said movable electrode and fixed electrode are a ctenidium-like] according to claim 22 like. Thus, since ctenidium-like electrode structure can enlarge an electrode surface product compared with superficial electrode structure, it can enlarge more electrostatic torque in the same electrical potential difference, and can enlarge a deflection angle more.

[0039] It is in a thing [that said mirror substrate and said torsion beam are formed with single crystal silicon] according to claim 23 like, since there are few defects, another description of the light-scanning equipment by this invention is reliable to a structural material, and endurance is also excellent, and since processing is easy, it is advantageous to it also in cost.

[0040] Since the description of the manufacture approach of the light-scanning equipment by this invention is in a thing [that said mirror substrate and said torsion beam really form by micro processing of the same ingredient substrate] according to claim 24 like and moving part is really formed, reinforcement is highly excellent in endurance.

[0041] Another description of the manufacture approach of the light-scanning equipment by this invention is advantageous like cost to be in forming the field of said rib of said mirror substrate, and for

a production process become [like, carry out micro processing of the same ingredient substrate to a concave, and form said meat omission field of said mirror substrate, and] easy by the heights according to claim 25 which remained.

[0042] Another description of the light-scanning equipment by this invention is to have held in the reduced pressure container possessing the part which has the light beam deflected with said mirror substrate like in a means according to claim 26 to drive said mirror substrate and this mirror substrate penetrated, and the terminal area for connection with said driving means. According to such a configuration, since the viscous drag of the oscillating space of a mirror substrate becomes small, a big deflection angle can be acquired by small driving torque.

[0043] The description of the equipment write-in [optical] by this invention is to have a means for carrying out incidence of the light beam according to claim 27 modulated by the record signal to claim 1 thru/or the light-scanning equipment of 23 given in any 1 term to the mirror side of the mirror substrate of said light-scanning equipment, and a means for carrying out image formation of said light beam reflected in respect of the mirror to a scan layer-ed like. Since its power consumption is small since such equipment of a configuration write-in [optical] can drive light-scanning equipment by the low battery, and the whizzing sound at the time of a both-way vibration of a mirror substrate is small, it excels also in the field of silence. Moreover, since the large thing as a mirror substrate of light-scanning equipment which has a high precision can be used, the degree of freedom of the shape of beam which can be used is greatly excellent also in the field of versatility.

[0044] Like a publication the description of the image formation equipment by this invention to claim 28 Claim 1 thru/or the light-scanning equipment of 23 given in any 1 term, Electrostatic latent-image support and the means for carrying out incidence of the light beam modulated by the record signal to the mirror side of the mirror substrate of said light-scanning equipment, It has a means for carrying out image formation of said light beam reflected in respect of the mirror to said electrostatic latent-image support, and is in the electrostatic latent image according to said record signal being formed on said electrostatic latent-image support. While it is possible to carry out light scanning of the electrostatic latent-image support in the stable light beam configuration, and to perform image formation, it excels in the field of power consumption and silence.

[0045] In the oscillating mirror chip which has the mirror driving means which carries out torsional oscillation of said mirror substrate to the mirror substrate which invention according to claim 29 is supported with a torsion beam, and deflects a light beam by setting a revolving shaft as said torsion beam, said mirror substrate is characterized by having the mirror part formed in the shape of a thin film, and the frame combined with said mirror part.

[0046] Since said mirror substrate has the mirror part formed in the shape of a thin film, and the frame combined with said mirror part according to invention according to claim 29, a mirror substrate is large-sized and lightweight, and sways, an angle is large, and deformation of the mirror substrate at the time of actuation is reduced, and the oscillating mirror chip which can obtain the stable shape of beam can be offered.

[0047] In an oscillating mirror chip according to claim 29, as for invention according to claim 30, said mirror part is characterized by said frame having a mirror side in the opposite side the side combined.

[0048] According to invention according to claim 30, since it has a mirror side in the side and the opposite side where said frame is combined, said mirror part can use the whole surface of a mirror side effectively, and does not have loss of a beam.

[0049] It is characterized by invention according to claim 31 having the reinforced beam to which said frame constructs a bridge in the inside of said frame on extension of said torsion beam in an oscillating mirror chip according to claim 29 or 30.

[0050] Since said frame has the reinforced beam which constructs a bridge in the inside of said frame on extension of said torsion beam according to invention according to claim 31, the revolving shaft which twists at the time of actuation and passes along a beam is stabilized, deformation of the direction of a torsion beam of the frame at the time of actuation is reduced; the unnecessary oscillation mode can be suppressed and the stable shape of beam can be obtained.

[0051] Invention according to claim 32 is characterized by having a reinforced beam in the direction in which said revolving shaft and said frame cross at right angles in the oscillating mirror chip of 31 claim 29 thru/or given in any 1 term.

[0052] According to invention according to claim 32, since it has a reinforced beam in the direction which intersects perpendicularly with said revolving shaft, said frame can reduce deformation of the hand of cut of the mirror part at the time of actuation, and can obtain the stable shape of beam.

[0053] In the oscillating mirror chip of 32 claim 29 thru/or given in any 1 term, to said revolving shaft, invention according to claim 33 is axial symmetry, and is characterized by having the reinforced beam which is axial symmetry to the shaft which intersects perpendicularly with said revolving shaft through the core of said revolving shaft.

[0054] Since according to invention according to claim 33 it has the reinforced beam which is axial symmetry to the shaft which is axial symmetry and intersects perpendicularly with said revolving shaft through the core of said revolving shaft to said revolving shaft and deformation can be equally reduced for the time of actuation into the whole mirror part, the stable shape of beam can be obtained.

[0055] At least one of the corners of a part that, as for invention according to claim 34, said reinforced-beam comrade crosses mutually the corner of a part that the corner, said inside frame, and said inside reinforced beam of said frame cross in the oscillating mirror chip of 33 claim 29 thru/or given in any 1 term, and a list is characterized by being formed in a curved surface.

[0056] According to invention according to claim 34, since it is formed in a curved surface, at least one of the corner of a part that the corner, said inside frame, and said inside reinforced beam of said frame cross, and the corners of a part that said reinforced-beam comrade crosses a list mutually can ease the stress concentration to the part of a corner, and it can reduce breakage of the mirror substrate at the time of actuation or handling.

[0057] Invention according to claim 35 is characterized by said frame and/or said reinforced beam being the same thickness as said torsion beam in the oscillating mirror chip of 34 claim 29 thru/or given in any 1 term.

[0058] According to invention according to claim 35, since said frame and/or said reinforced beam are the same thickness as said torsion beam, a torsion beam, a frame, and the coincidence formation of a reinforced beam of them are attained, and they can form an oscillating mirror chip by low cost.

[0059] Invention according to claim 36 is characterized by isolating said reinforced beam with said mirror part in the oscillating mirror chip of 34 claim 31 thru/or given in any 1 term.

[0060] Since said reinforced beam is isolated with said mirror part according to invention according to claim 36, a frame fully maintains the rigidity by the reinforced beam, and a mirror part does not almost have distortion, and the high profile irregularity of surface smoothness can be acquired.

[0061] Invention according to claim 37 is characterized by the medial axis of said torsion beam passing along said mirror part, as for said mirror part in the oscillating mirror chip of 34 claim 29 thru/or given in any 1 term.

[0062] According to invention according to claim 37, since the medial axis of said torsion beam passes along said mirror part, the medial axis of vibration will pass along said mirror part into a mirror part, and it becomes easy [an optical design].

[0063] Invention according to claim 38 is characterized by forming said mirror part with the thin film which has tensile stress in the oscillating mirror chip of 37 claim 29 thru/or given in any 1 term.

[0064] According to invention according to claim 38, since it is formed with the thin film which has tensile stress, said mirror part can secure the surface smoothness in the inside of the frame of a thin film with tensile stress, and can obtain the stable shape of beam.

[0065] Invention according to claim 39 is characterized by forming said mirror part of multilayers in the oscillating mirror chip of 38 claim 29 thru/or given in any 1 term.

[0066] According to invention according to claim 39, since it is formed of multilayers, said mirror part can utilize the thin film which has two or more various functions, can design a mirror part, and its degree of freedom of the design in structure ***** is high, and it can produce a highly efficient oscillating mirror chip by low cost.

[0067] It is characterized by invention according to claim 40 having the movable electrode with which said mirror driving means was prepared in said frame, and said movable electrode and the fixed electrode installed in the location which counters in the oscillating mirror chip of claim 29 ** 39 given in any 1 ****.

[0068] According to invention according to claim 40, since it has the movable electrode prepared in said frame, and said movable electrode and the fixed electrode installed in the location which counters, said mirror driving means can be simple for electrode structure, can be cheap, and can drive a mirror substrate efficiently. [of a manufacturing cost]

[0069] Invention according to claim 41 is characterized by said movable electrode being a ctenidium-like in an oscillating mirror chip according to claim 40.

[0070] According to invention according to claim 41, since said movable electrode is a ctenidium-like, an electrode surface product can be large, therefore driving torque can be enlarged, and the deflection angle of a mirror substrate can be enlarged.

[0071] Invention according to claim 42 is characterized by having in a container the oscillating mirror chip of 41 claim 29 thru/or given in any 1 term, the transparency part of the light beam deflected with this oscillating mirror chip, and the terminal area connected to said mirror driving means of said oscillating mirror chip in a light-scanning module.

[0072] According to invention according to claim 42, claim 29 thru/or the oscillating mirror chip of 41 given in any 1 term, Since it has in a container the transparency part of the light beam deflected with this oscillating mirror chip, and the terminal area connected to said mirror driving means of said oscillating mirror chip A mirror substrate is large-sized and lightweight, and sways, an angle is large, and deformation of the mirror substrate at the time of actuation is reduced, and a light-scanning module equipped with the oscillating mirror chip which can obtain the stable shape of beam can be offered.

[0073] Invention according to claim 43 is characterized by having the catoptric system to which the multiple echo of said light beam is further carried out on said mirror substrate of said oscillating mirror chip in a light-scanning module according to claim 42.

[0074] Since it has the reflecting optical system to which the multiple echo of said light beam is further carried out on said mirror substrate of said oscillating mirror chip according to invention according to claim 43, even if the deflection angle of a mirror substrate is small, the angle of emergence of the light beam from a light-scanning module can be enlarged.

[0075] Invention according to claim 44 is characterized by having a light source means to generate a light beam, the light-scanning module according to claim 42 or 43 which scans this light beam, and the optical system to which image formation of said light beam scanned with this light-scanning module is carried out in light-scanning equipment.

[0076] A light source means to generate a light beam according to invention according to claim 44, Since it has the light-scanning module according to claim 14 or 15 which scans this light beam, and the optical system to which image formation of said light beam scanned with this light-scanning module is carried out A mirror substrate is large-sized and lightweight, and sways, an angle is large and deformation of the mirror substrate at the time of actuation is reduced. Light-scanning equipment equipped with the oscillating mirror chip which can obtain the stable shape of beam can be offered, since the oscillating mirror chip is small, light-scanning equipment is made in a miniaturization, and 1 or two or more light-scanning equipments can be arranged.

[0077] In light-scanning equipment according to claim 44, said oscillating mirror chip is the part of said mirror side which said reinforced beam over which said mirror part has a mirror side in the side and the opposite side where said frame is combined, and constructs a bridge in the inside of said frame and this frame has not combined with said mirror part, and invention according to claim 45 is characterized by said light beam reflecting.

[0078] Since according to invention according to claim 45 said oscillating mirror chip is the part of said mirror side which said reinforced beam over which said mirror part has a mirror side in the side and the opposite side where said frame is combined, and constructs a bridge in the inside of said frame and this frame has not combined with said mirror part and said light beam reflects, there is no distortion of a

mirror side and the shape of beam which reflected the light beam and was stabilized in the high part of surface smoothness can be obtained.

[0079] Invention according to claim 46 is characterized by having light-scanning equipment according to claim 44 or 45, the photo conductor which forms an electrostatic latent image with this light-scanning equipment, a development means to develop said electrostatic latent image with a toner, and an imprint means to imprint the toner image which this development means developed on the recording paper in image formation equipment.

[0080] According to invention according to claim 46, light-scanning equipment according to claim 44 or 45, Since it has the photo conductor which forms an electrostatic latent image with this light-scanning equipment, a development means to develop said electrostatic latent image with a toner, and an imprint means to imprint the toner image which this development means developed on the recording paper A mirror substrate is large-sized and lightweight, and sways, an angle is large and deformation of the mirror substrate at the time of actuation is reduced. Image formation equipment equipped with the oscillating mirror chip which can obtain the stable shape of beam is offered, since the oscillating mirror chip is small, image formation equipment can be miniaturized and the noise of light-scanning equipment and vibration can be further made small.

[0081] In the manufacture approach of an oscillating mirror chip that invention according to claim 47 is equipped with the frame combined with the thin film-like mirror part from a substrate, and this mirror part, and the reinforced beam which constructs a bridge in the inside of this frame The membrane formation step which forms a mirror layer at least to the field of the side which forms said mirror part of said substrate, The mask formation step which forms the mask pattern which leaves said frame and said reinforced beam in the field which forms said mirror part of said substrate, and the field of the opposite side, It is characterized by including the penetration step which penetrates the periphery of said mirror part by penetration etching of a substrate from the field which forms said mirror part of said substrate, and the field of the opposite side.

[0082] The membrane formation step which forms a mirror layer at least to the field of the side which forms said mirror part of said substrate according to invention according to claim 47, The mask formation step which forms the mask pattern which leaves said frame and said reinforced beam in the field which forms said mirror part of said substrate, and the field of the opposite side, Since the penetration step which penetrates the periphery of said mirror part by penetration etching of a substrate is included from the field which forms said mirror part of said substrate, and the field of the opposite side, this invention can offer the manufacture approach of an oscillating mirror chip [that it is easy and low cost].

[0083] Invention according to claim 48 is a silicon substrate in which said substrate has an etching halt layer in between in the manufacture approach according to claim 47, and the field of the side which forms said mirror part is characterized by being the field of an etching halt layer.

[0084] According to invention according to claim 48, said substrate is a silicon substrate which has an etching halt layer in between, and since it is the field of an etching halt layer, the field of the side which forms said mirror part can etch easily the silicon substrate on both sides of an etching halt layer, and can manufacture an oscillating mirror chip easily.

[0085] Invention according to claim 49 is characterized by said membrane formation step including membrane formation of the stress accommodation film further in the manufacture approach according to claim 47 or 48.

[0086] According to invention according to claim 49, since membrane formation of the stress accommodation film is included further, said membrane formation step can adjust the stress of a mirror part easily by carrying out the laminating of the stress accommodation film.

[0087]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of operation of this invention is explained with reference to an accompanying drawing.

[0088] The configuration of the light-scanning equipment by the 1st example of this invention is shown in drawing 1. (a) of drawing 1 is the outline central sectional view of light-scanning equipment, and (b)

is the outline rear-face Fig. of light-scanning equipment.

[0089] In drawing 1, 101 is a mirror substrate, is the center section of the two edges 109,110 which countered, and is supported by two torsion beams 102 and 103 prepared on the straight line. The mirror substrate 101 is the structure where the metal thin film 115 which has sufficient reflection factor in the front face (drawing 1 (a) top face) of the monotonous section of an abbreviation square to use light was formed as a mirror side, and the protruding line 121 (it is hereafter describe as a rib) for reinforcement prolong in the direction which intersects perpendicularly with the torsion beam 102,103 arranged two or more in the rear face of the monotonous section, and was formed in it as the reinforcement section. In the rear face of the mirror substrate 101, the thickness of the field of a rib 121 is the same as the thickness of the torsion beam 102,103. That is, fields other than this rib field are meat omission fields thinner than the torsion beam 102,103. The torsion beams 102 and 103 have a dimension with torsional rigidity from which resonance frequency required as light-scanning equipment is obtained, and are being fixed to the inner frame (frame) 104. This inner frame 104 is having the perimeter fixed with the outside frame 120 with larger board thickness (frame) than it.

[0090] This light-scanning equipment has a mirror driving means for twisting a beam 102,103 and carrying out both-way vibration of the mirror substrate 101 as a revolving shaft using electrostatic force. This mirror driving means specifically consists of the fixed electrode for a drive, a movable electrode and the fixed electrode for starting, and a movable electrode so that it may explain below, and the edge of the mirror substrate 101 is used as these movable electrodes.

[0091] The edge 105,106 which is not supported by the beam 102,103 of the mirror substrate 101 is making the ctenidium configuration, and has countered the same fixed electrodes 107 and 108 for the drive of a ctenidium configuration prepared in the inner frame 104 of the same part in the ***** form in the minute gap. This ctenidium-like edge 105,106 acts as a movable electrode for a drive. Moreover, the edge 109,110 currently supported by the beam 102,103 of the mirror substrate 101 is making the straight-line configuration, and is carrying out ***** opposite of the same fixed electrode 111,112 for starting of a straight-line configuration which shifted in it and the substrate thickness direction and was prepared in the outside frame 120, and the minute gap. The parts of this fixed electrode 111,112 and the mirror substrate edge 109,110 which counters act as a movable electrode for starting.

[0092] The inner frame 104 and the outside frame 120 are integral construction which consists of a conductive ingredient, and the insulating material 113 is formed in the front face. On the insulating material of the inside end face of the outside frame 120, said fixed electrodes 111 and 112 for starting are formed at the edges 109 and 110 of the mirror substrate 101 at the location which carries out contiguity opposite, respectively. In this part, the outside frame 120 is thicker than the mirror substrate 101, and the mirror substrate edges 109 and 110 and fixed electrodes 111 and 112 are shifted in the substrate thickness direction, and are made into the physical relationship which does not lap mutually.

[0093] Moreover, the part which the insulating material 113 was removed by a part of outside frame 120, and the conductive ingredient exposed is formed, and the pad 114 for electrode drawers is formed in the part. The fixed electrodes 107 and 108 for a drive formed in the ctenidium configuration end face of the inner frame 104 and the fixed electrodes 111 and 112 for starting formed in the inside end face of the outside frame 120 are pulled out to the pads 116 and 117 formed in the front face of the outside frame 120, and the putt 118 and 119 formed in the rear face.

[0094] Actuation of the light-scanning equipment of such a configuration is explained with reference to drawing 2. The mirror substrate 101 supported with two beams 102 and 103 is grounded through the pad 114 for electrode drawers formed on the outside frame 120. If the electrical potential difference of 50V is impressed to the fixed electrode 111,112 for starting For example, in order that electrostatic attraction may work between the fixed electrodes 111,112 for starting and the edges 109,110 of the mirror substrate 101 which are shifted and prepared in the substrate thickness direction so that the gap of 5 micrometers may be separated and it may not lap mutually, As a beam 102,103 is driven in the direction of the counterclockwise rotation in drawing as a torsion revolving shaft and with a circle [A] finally encloses and shows to drawing 2 (a), the mirror substrate 101 By shaking the mirror substrate

101 to the location where a part laps [the mirror substrate edge 109,110] with the fixed electrode 111,112 for starting, the level difference of magnitude required for oscillating initiation arises between the fixed electrode 107,108 for a drive, and the edge 105,106 of the mirror substrate 101. In addition, therefore, also when the torsional rigidity of a beam 102,103 is large, it can make it produce a level difference required for starting with the structure of the light-scanning equipment of this invention it to be easy to form the fixed electrode 111,112 for starting in the level difference direction widely, and to do so.

[0095] Next, if the electrical potential difference of 50V is impressed, the mirror substrate 101 will sway in the direction of a clockwise rotation to the fixed electrode 107,108 for a drive by the torsional rigidity of the electrostatic attraction and the beam 102,103 which work between this electrode and the edge 105,106 of the mirror substrate 101, at the same time it severs the electrical-potential-difference impression to the fixed electrode 111,112 for starting. It sways to the location which the torsional rigidity of moment of inertia and a beam 102,103 hangs, and suits as the mirror substrate 101 sways further in the direction of a clockwise rotation by moment of inertia when the mirror substrate 101 arrived at the horizontal position and the electrical-potential-difference impression to the fixed electrode 107,108 for a drive is severed, as shown in drawing 2 (b), and finally shown in drawing 2 (c). If an electrical potential difference is again impressed to the fixed electrode 107,108 for a drive just behind that, the mirror substrate 101 will sway in the direction of a counterclockwise rotation by electrostatic attraction and the torsional rigidity of a beam 102,103. And if the electrical-potential-difference impression to the fixed electrode 107,108 for a drive is severed when the mirror substrate 101 arrives at a horizontal position again like drawing 2 (d), the mirror substrate 101 will sway further to the location which moment of inertia and the torsional rigidity of a beam 102,103 hang and suit.

[0096] By setting the drive frequency of the mirror substrate 101 by such fixed electrode 107,108 for a drive as the resonance frequency of the mirror substrate 101, both-way vibration (rocking) of the mirror substrate 101 can be carried out on a bigger deflection square than the variation rate at the time of starting by the fixed electrode 111,112 for starting.

[0097] The timing of the mirror scan angle in such a drive approach and a driving pulse is shown in drawing 3. Only the time amount T which a mirror moves towards the center of an image where a scan angle becomes 0 impresses a driving pulse, using as delta like illustration delay of the pulse impression initiation from the time amount from which a scan angle serves as max. That is, two times will carry out a pulse drive among one period.

[0098] In the light-scanning equipment of this example, even if it makes thin board thickness of the monotonous section of the mirror substrate 101 so that it may become the predetermined moment of inertia after enlarging area of the mirror substrate 101, deformation of the mirror substrate 101 at the time of quiescence and vibration can be effectively suppressed with the stiffening rib 121 prepared in the rear face of the monotonous section of the mirror substrate 101. Therefore, since the surface smoothness of a mirror side is maintained also at the time of vibration with high frequency, light scanning in the stable shape of beam is possible. In addition, it is a suitable configuration to demonstrate sufficient reinforcement effectiveness, pressing [whether the increment in the moment of inertia of the mirror substrate 101 can be performed, and] down a rib 121. Moreover, although it is easy to produce deformation of the mirror substrate 101 in the part which is separated from a beam 102,103, according to the rib 121 prolonged in the direction which intersects perpendicularly with a beam 102,103 like this example, the deformation in such a part can be controlled effectively. Moreover, since a stiffening rib 121 is formed in the rear face (a mirror side and field of the opposite side) of the monotonous section of the mirror substrate 101, the whole monotonous section front face can be used as a mirror side, therefore versatility is [the degree of freedom of the shape of beam which can be used is large, and] high [the light-scanning equipment of this example]. Furthermore, since the rib 121 prepared in the rear face of the mirror substrate 101 can be easily formed by the approach of leaving as heights in case it carries out etching processing of the silicon substrate at a concave so that it may explain in relation to drawing 4 (d) and drawing 5 (e), it does not cause complication of the manufacture process of light-scanning equipment.

[0099] Next, an example of the manufacture approach of the light-scanning equipment of this invention of a configuration as explained above is explained with reference to drawing 4 thru/or drawing 6 . The manufacture process of apply [it / like the light-scanning equipment of the 2nd after-mentioned example, the 3rd example, and the 4th example] described below is clear.

[0100] The silicon substrate of low resistance in which the high-concentration impurity was contained is used from the ability of each whole member to be used [that highly precise micro processing is easy as an ingredient of the mirror substrate of light-scanning equipment, a torsion beam, and a frame, and] now as a common electrode.

[0101] First, the hyperviscous heatproof resist 202 is applied by the thickness of 100 micrometers, for example as a mask to have carried out [which etches silicon into one side of the silicon substrate 201 with a thickness of 200 micrometers deeply] double-sided polish (drawing 4 (a)). nickel plating film etc. may be used that what is necessary is just the ingredient which can be easily removed after etching greatly [adhesion with silicon is good and] as mask material used here to extent which remains as a mask also at the time of silicon etching whose selection ratio at the time of etching is 100 micrometers.

[0102] Next, patterning is carried out to an inner frame configuration in exposing and developing this resist (drawing 4 (b)).

[0103] An etch rate carries out etching removal of the silicon substrate by 100-micrometer Fukushima by using this resist as a mask at an inner frame configuration using the large, high dry etching system (ICP-RIE) of an anisotropy (drawing 4 (c)). The fixed electrode 111,112 for starting is formed in the level difference part of the etching end face formed here at a back process.

[0104] After dissolving and removing a resist 202, patterning is carried out to the configuration of the protruding line 121 for reinforcement in applying and developing [expose and] the hyperviscous heatproof resist 203 by the thickness of 100 micrometers again to the substrate with which the level difference was formed (drawing 4 (d)).

[0105] And etching removal of the silicon substrate of the part made thin to 100 micrometers by using this resist as a mask is carried out by 50-micrometer Fukushima at the configuration of a stiffening rib 121 using a dry etching system (ICP-RIE) (drawing 5 (e)).

[0106] Next, the hyperviscous heatproof resist 204 is applied to the field and the silicon substrate side of the opposite side which were etched into the configuration of the inner frame 104 by the thickness of 100 micrometers, and patterning of the rear face of the field where the silicon substrate of the frame inside became thin is carried out to the configuration of the mirror substrate 101 and a beam 102,103 (drawing 5 (f)).

[0107] The mirror substrate 101 and a beam 102,103 are formed by carrying out dry etching until an etch rate penetrates a silicon substrate by using this resist as a mask using the large, high dry etching system (ICP-RIE) of an anisotropy (drawing 5 (g)). Thus, since it is the approach of forming the heights which carried out etching possible [of the silicon substrate] to the concave, and remained as a stiffening rib 121 as explained in relation to drawing 4 (d) and drawing 5 (e), the mirror substrate 101 can really be easily formed using a semi-conductor process.

[0108] Next, after dissolving and removing the resist used as a mask at a last process, the whole substrate is oxidized thermally, and it is SiO₂ with a thickness of 1 micrometer to a front face as an insulating material with a substrate. The film 205 is formed (drawing 5 (h)).

[0109] Next, SiO₂ of a frame inside end face On the film, as a metal thin film 206,207 used as the fixed electrode 111,112 for starting and the fixed electrodes 107,108 for a drive, and those pads 116,117,118,119 for drawers For example, after forming Ti thin film of 300Å thickness by the sputter, it is Pt of 1200Å thickness. It is aluminum as a metal thin film 115 which forms a thin film by the sputter and serves as a mirror side of a mirror substrate front face further. A thin film 208 is formed (drawing 6 (i)). In addition, about the fixed electrode for a drive which covered with the metallic stencil mask and approached by the same part, membranes were formed from across in the condition of having made the mirror substrate inclining using a jig so that a metal thin film might not be formed in any fields other than an electrode in the case of these membrane formation. Here, Ti thin film is SiO₂. Pt on the film It is for raising the adhesion of a thin film. In addition, it is Pt here. Although the thin film is used as an

electrode material, as long as conductivity is high and adhesion with SiO₂ is securable, the ingredient of Au, Ti, and others may be used. Moreover, it is aluminum as a metal thin film for mirror sides. Although the thin film 208 was formed, if it is the metal thin film with which required sufficient reflection factor is obtained to the laser light used with light-scanning equipment, the ingredient of Au and others is also selectable. Moreover, although the spatter was used as the membrane formation approach here, membranes may be formed by other approaches, such as vacuum deposition and the ion plating method. [0110] Next, a part of SiO₂ on the rear face of a frame Etching removal of the film is carried out using a metal mask, and a contact hole 209 is formed (drawing 6 (j)). aluminum as a pad 114 for impressing an electrical potential difference to a mirror substrate in the contact hole 209 which this silicon exposed A thin film 210 is formed using a metal mask, and in order to lower the electric resistance between it and a substrate, 400-degree C heat treatment is performed (drawing 6 (k)).

[0111] The light-scanning equipment in the 2nd example of this invention is explained with reference to drawing 7. Drawing 7 (a) is the rear-face Fig. of a mirror substrate, and this drawing (b) is an A-A' sectional view of this drawing (a).

[0112] Stiffening ribs 121a and 121b prepare also in the location which met the edge which the beam 102,103 combined unlike said 1st example although the stiffening rib 121 with which 30 micrometers and magnitude were prolonged by thickness in the light-scanning equipment of this example in the direction which intersects perpendicularly with said 1st example and the same beam 102,103, for example was formed in the rear face of the monotonous section of the mirror substrate 101 of 4mm**, and it is ****. The height of each stiffening rib is 30 micrometers, and the thickness of a joint edge with the beam 102,103 of the mirror substrate 101 has become the same 60 micrometers as the thickness of a beam 102,103. Therefore, compared with the case where there are no stiffening ribs 121a and 121b, the bond strength of a beam 102,103 and the mirror substrate 101 increases, and the dependability of light-scanning equipment improves. Since the configuration of those other than this is the same as that of said 1st example, explanation is omitted.

[0113] The light-scanning equipment in the 3rd example of this invention is explained with reference to drawing 8. Drawing 8 (a) is the rear-face Fig. of a mirror substrate, and this drawing (b) is a B-B' sectional view of this drawing (a).

[0114] In the light-scanning equipment of this example, although 30 micrometers is prepared for thickness in the rear face of the monotonous section of the mirror substrate 101 of 4mm** and the stiffening rib 121 with a height of 30 micrometers is formed, for example for magnitude, unlike said each example, a stiffening rib 121 is prolonged to the direction and in parallel it intersects perpendicularly with a beam 102,103, and is made into the shape of a grid as a whole. Moreover, a stiffening rib 121 is formed also in the location along the edge and the electrode for a drive which are combined with the beam 121,122 of the mirror substrate monotonous section, and the edge which counters. Since the configuration of those other than this is the same as that of said 1st example, explanation is omitted.

[0115] In the light-scanning equipment of this example, since the mirror substrate 101 is reinforced extensively and torsion deformation of the mirror substrate 101 is also effectively controlled with the stiffening rib 121 of the shape of an above grid, light scanning in the shape of beam stabilized further becomes possible. Moreover, like said 2nd example, the edge combined with the beam 102,103 of the mirror substrate 101 serves as the same thickness of 60 micrometers as a beam 102,103, and the bond strength of the mirror substrate 101 and a beam 102,103 increases it from said 1st example. Moreover, although the fixed electrode for a drive and the mirror substrate edge which counters act as a movable electrode, since only the part of a stiffening rib 121 increases and the thickness of this edge is also set to 60 micrometers, the area of a movable electrode increases from said each example, consequently the drive of it is attained on a lower electrical potential difference in the mirror substrate 101.

[0116] The light-scanning equipment in the 4th example of this invention is explained with reference to drawing 9. Drawing 9 is the rear-face Fig. of the mirror substrate 101. As shown in this drawing, in this example, the mirror substrate 101 has the flat-surface configuration of an abbreviation H mold which becomes the largest in the parts of a part for the both ends whose beam 102,103 was pinched, i.e., the

fixed electrode for a drive, and the edge of the side which counters. Such a flat-surface configuration is effective for low-battery-izing of reduction of the moment of inertia of the mirror substrate 101, and the driver voltage by it. Moreover, a stiffening rib 121 is formed also in the location along the edge which acts as the edge which is formed in the shape of a grid as well as said 3rd example, and is combined with a beam 102,103, and a movable electrode. Therefore, bond strength with the beam 102,103 of the mirror substrate 101 can be raised, and the area of a movable electrode is increased, and low-battery-ization of driver voltage can be attained.

[0117] The light-scanning equipment in the 5th example of this invention is explained with reference to drawing 10. (a) of drawing 10 is the outline central sectional view of light-scanning equipment, and (b) is the outline rear-face Fig. of light-scanning equipment.

[0118] Although a stiffening rib 121 is formed in the rear-face side of the mirror substrate 101 like said each example, in this example, rib 122e which borders rib 121d which extends the torsion beam 102,103 and crosses the mirror substrate 101 as a stiffening rib 121, and the periphery of the mirror substrate 101 is prepared. The thickness twists the field of these ribs 121, it has become the same as that of a beam 102,103, and the other field is a thin meat omission field from the thickness of the torsion beam 102,103.

[0119] Board thickness of the mirror substrate which consists of silicon which does not prepare a reinforcing rib like this example is set to 20 micrometers, magnitude is set to 4mmx4mm, and the count result of the maximum of deformation of the mirror substrate 101 at the time of vibrating on a 5° degree deflection square by 2.5kHz is shown in drawing 11 $R > 1$. Thus, in the case of a mirror substrate without a reinforcing rib, the deformation in the center position of the both sides of the mirror centering on a torsion beam is the largest, and it turns out that the deformation is set also to about 1 micrometer.

[0120] In the mirror substrate 101 of this example, while rib 121d which trims it reduces this deformation, deformation of it and the direct direction can also be reduced and rib 121e which extends the torsion beam 102,103 and penetrates the mirror substrate 101 further can obtain the stable scan shape of beam from it being effective in raising the location precision of the medial axis of vibration.

[0121] An example of the manufacture approach of the light-scanning equipment of the 5th example explained above is explained with reference to drawing 12 thru/or drawing 14.

[0122] Highly precise micro processing used the easy silicon substrate as an ingredient of a mirror substrate, a torsion beam, and a frame.

[0123] First, the hyperviscous heatproof resist 1202 is applied by the thickness of 100 micrometers as a mask for etching silicon into one side of the silicon substrate 1201 with a thickness of 200 micrometers by which double-sided polish was carried out deeply (drawing 12 (a)). nickel plating film etc. may be used that what is necessary is just the ingredient which can be easily removed after etching greatly [adhesion with silicon is good and] as mask material used here to extent which remains as a mask also at the time of silicon etching whose selection ratio at the time of etching is 100 micrometers.

[0124] Next, patterning is carried out to an inner frame configuration in exposing and developing this resist (drawing 12 (b)).

[0125] An etch rate carries out etching removal of the silicon substrate by 100-micrometer Fukashi by using this resist as a mask at an inner frame configuration using the large, high dry etching system (ICP-RIE) of an anisotropy (drawing 12 (c)). The fixed electrode for starting is formed in the level difference part of the etching end face formed here at a back process.

[0126] After dissolving and removing a resist 1202, patterning is carried out to the configuration of a reinforcing rib in applying and developing [expose and] the hyperviscous heatproof resist 1203 by the thickness of 100 micrometers again to the substrate with which the level difference was formed (drawing 12 (d)).

[0127] And by carrying out etching removal of the silicon substrate of the part made thin to 100 micrometers by using this resist as a mask by 50-micrometer Fukashi using a dry etching system (ICP-RIE), meat omission is carried out and the configuration of a rib is formed (drawing 13 (e)).

[0128] Next, the hyperviscous heatproof resist 1204 is applied to the field which etched silicon into the inner frame configuration, and the field of the opposite side by the thickness of 100 micrometers, and

patterning of the rear face of the field where the silicon substrate of the frame inside became thin is carried out to a mirror substrate and a beam configuration (drawing 13 (f)).

[0129] A mirror substrate and a beam are formed by carrying out dry etching until an etch rate penetrates a silicon substrate by using this resist as a mask using the large, high dry etching system (ICP-RIE) of an anisotropy (drawing 13 (g)).

[0130] After dissolving and removing a resist, the whole substrate is oxidized thermally and SiO₂ film 1205 with a thickness of 1 micrometer is formed in a front face as an insulating material with a substrate (drawing 13 (h)).

[0131] Next, on the SiO₂ film of the end face of the frame inside, as the fixed electrode for starting, and a fixed electrode for a drive, after forming 300Å of Ti thin films by the sputter, the Pt thin films 1206 and 1207 of 1200Å thickness are formed by the sputter, respectively. Furthermore, the aluminum thin film 1208 is formed in a mirror substrate front face as a mirror side (drawing 14 (i)). In addition, the Pt thin film 1207 as a fixed electrode for a drive which covered with the metallic stencil mask and approached by the same part formed membranes from across in the condition of having made the mirror substrate inclining using a jig so that a metal thin film might not be formed in any fields other than an electrode in the case of membrane formation. Here, Ti thin film is for raising the adhesion of Pt thin film on SiO₂ film. In addition, although Pt thin film is used as an electrode material here, otherwise conductivity is high, and as long as adhesion with SiO₂ is securable, other ingredients, such as Au and Ti, may be used. Moreover, although the sputter was used as the membrane formation approach here, membranes may be formed by other approaches, such as vacuum deposition and the ion plating method. Moreover, although aluminum was formed as a metal thin film 1208 as a mirror side, as long as it is the metal thin film with which required sufficient reflection factor is obtained to the laser light to be used, other ingredients, such as Au, are selectable and the membrane formation approach may also use other approaches, such as a sputter and the ion plating method.

[0132] Next, etching removal of some SiO₂ film on the rear face of a frame is carried out using a metal mask, and a contact hole 1209 is formed (drawing 14 (j)). The electrode 1210 for impressing an electrical potential difference is formed to the contact hole which this silicon exposed at a mirror substrate using a metal mask, and 400-degree C heat treatment for lowering resistance with an electrode and a substrate is performed to it (drawing 14 (k)).

[0133] In addition, the manufacture approach of apply [it / like the light-scanning equipment of the after-mentioned 6th thru/or the 11th after-mentioned example] explained above is clear.

[0134] 2>> of <<manufacture ***** It is just made another example of the manufacture approach of the light-scanning equipment of said 5th example, and explains with reference to drawing 15 and drawing 1616.

[0135] In the approach explained here, as an ingredient of a mirror substrate, a torsion beam, and a frame, highly precise micro processing is easy, and uses the SOI substrate which can form electrode isolation construction easily. So that at least each part which carried out insulating separation of the substrate of the side which forms a mirror substrate and a torsion beam here can be used as an electrode as it is. It considers as the silicon substrate of 0.1 or less ohm-cm of 100-micrometer thickness of low resistance in which the high-concentration impurity was contained. The substrate of the side which forms a frame is used as the silicon substrate of inside resistance of dozens ohm-cm from number omega and cm with a thickness of 525 micrometers, and it explains as a thing using the SOI substrate which separated them by the insulator layer which consists of an oxide film with a thickness of 1 micrometer.

[0136] First, the hyperviscous heatproof resist 2002 is applied to the field by the side of frame formation with a thickness of 626 micrometers by which double-sided polish was carried out of the SOI substrate 2001 by the thickness of 100 micrometers as a mask for etching silicon deeply (drawing 15 (a)). nickel plating film etc. may be used that what is necessary is just the ingredient which can be easily removed after etching greatly [adhesion with silicon is good and] as mask material used here to extent which remains as a mask also at the time of silicon etching whose selection ratio at the time of etching is 100 micrometers.

[0137] Next, patterning is carried out to an inner frame configuration in exposing and developing this

resist (drawing 15 (b)).

[0138] An etch rate carries out etching removal of the silicon substrate by using this resist as a mask using the large, high dry etching system (ICP-RIE) of an anisotropy by 525-micrometer Fukushima whom an oxide film exposes to an inner frame configuration (drawing 1515 (c)). Here, since [remarkable] it is small as compared with silicon, as for an oxide film, an etching rate functions as an etching halt layer. In addition, the fixed electrode for starting is formed in the level difference part of the etching end face formed here at a next process.

[0139] Next, after dissolving and removing a resist 2002, patterning is carried out to a rib configuration in applying and developing [expose and] the hyperviscous heatproof resist 2003 by the thickness of 100 micrometers again to the substrate of the side which forms a mirror substrate (drawing 15 (d)).

[0140] And meat omission is carried out by using this resist as a mask by carrying out etching removal of the silicon substrate of the part made thin to 100 micrometers using the dry etching system (ICP-RIE) by 50-micrometer Fukushima, and a rib configuration is formed (drawing 16 (e)).

[0141] Next, a resist 2004 is applied to the field in which the rib was formed, by the thickness of 1.5 micrometers, and patterning is carried out to a mirror substrate and a beam configuration (drawing 16 (f)). Since a resist needs to apply also including the level difference part of a rib at this time, it is made the shape of a spray, and it applies.

[0142] A mirror substrate and a beam are formed by carrying out dry etching until an etch rate penetrates a silicon substrate by using this resist as a mask using the large, high dry etching system (ICP-RIE) of an anisotropy (drawing 16 (g)).

[0143] Next, in order to form the aluminum thin film 2005 used as the fixed electrode for a drive with a vacuum deposition method using a metal mask on a part of frame and to lower resistance with it and a substrate to it, 400-degree C heat treatment is performed (drawing 16 (h)). The aluminum thin film 2005 is possible also for considering as the thin film of other ingredients, such as Au, and can also use [the membrane formation approach or] other approaches, such as a spatter and the ion plating method, here.

[0144] According to the manufacture approach using such a SOI substrate, after forming a mirror substrate, the formation process of the contact section according a part to removal of the formation process of the oxide-film formation for a next insulation and the metal electrode to the mirror substrate end-face location on the oxide film and an oxide film becomes unnecessary, and a production process can be shortened. In addition, it is clear that this manufacture approach's it can apply also like the light-scanning equipment of the after-mentioned 6th thru/or the 11th after-mentioned example.

[0145] The light-scanning equipment in the 6th example of this invention is explained with reference to drawing 17. (a) of drawing 17 is the rear-face Fig. of a mirror substrate, and (b) is the A-A' line sectional view.

[0146] Since the overall configuration of the light-scanning equipment of this example is the same as that of said 5th example, illustration and explanation are omitted, and only the configuration about the stiffening rib 121 of the mirror substrate 101 which is the description of this example is explained. Although a stiffening rib 121 is formed in the rear face of the mirror substrate 101 of the magnitude of 4mm**, in addition to rib 121d which extends the torsion beam 102,103 and crosses the mirror substrate 101, and rib 121d which borders a mirror substrate periphery, in this example, rib 121f which intersects perpendicularly in the rib 121d center, and constructs a bridge in rib 121e is prepared. The thickness of a rib field is the same 60 micrometers as the torsion beam 102,103, and only the 30 micrometers of the other meat omission fields are thin rather than the torsion beam.

[0147] It is only the difference in the inertial force by the mass of a minute field, since the inertial force in the minute field of the mirror substrate 101 at the time of vibration is twisted with the mass of a minute field and it is proportional to the product of the square of the distance from a beam 102,103, in a direction parallel to the torsion beam 102,103, since there is no difference in the inertial force by the location, deformation is small but, and deformation is large in order that the difference in the inertial force by the location may hear greatly towards going direct with a torsion beam. Then, in this example, deformation by vibration is effectively controlled by preparing rib 121f and raising the rigidity of a

torsion beam and the direction which goes direct.

[0148] The light-scanning equipment in the 7th example of this invention is explained with reference to drawing 18. (a) of drawing 18 is the rear-face Fig. of a mirror substrate, and (b) is the B-B' line sectional view.

[0149] Since the overall configuration of the light-scanning equipment of this example is the same as that of said 5th example, illustration and explanation are omitted, and only the configuration about the stiffening rib 121 of the mirror substrate 101 which is the description of this example is explained.

[0150] Although a stiffening rib 121 is formed in the rear face of the mirror substrate 101 of the magnitude of 4mm**, in addition to rib 121d which extends the torsion beam 102,103 and crosses the mirror substrate 101, and rib 121d which borders a mirror substrate periphery, in this example, two or more rib 121g parallel to rib 121d and perpendicular is prepared in the shape of a grid. Grid-like rib 121g is arranged to the rib 121d core at the object so that it may come to the core whose center-of-gravity location (G) of the mirror substrate 101 is rib 121d. The thickness of a rib field is the same 60 micrometers as the torsion beam 102,103, and only the 30 micrometers of the other meat omission fields are thin rather than the torsion beam.

[0151] Thus, by adding grid-like rib 121g, the direct direction and parallel mirror substrate deformation can be decreased above from said 6th example on the torsion beam 102,103. in order that [however,] the increment in weight of a mirror substrate may act so that a deflection angle may be decreased -- the part -- ***** -- bigger driving torque, i.e., higher driver voltage, is needed for a sake.

[0152] The light-scanning equipment in the 8th example of this invention is explained with reference to drawing 19. Drawing 19 is the rear-face Fig. of a mirror substrate.

[0153] Since the overall configuration of the light-scanning equipment of this example is the same as that of said 5th example, illustration and explanation are omitted, and only the configuration about the stiffening rib 121 of the mirror substrate 101 which is the description of this example is explained.

[0154] Also in this example, rib 121g of the shape of a grid parallel to rib 121d which extends the torsion beam 102,103 and crosses the mirror substrate 101 as a stiffening rib 121, rib 121d which borders a mirror substrate periphery, and rib 121d, and perpendicular is prepared in the rear face of the mirror substrate 101 like the case of said 7th example. Rib 121d mirror substrate freedom one end partial 121ds which trims a mirror substrate periphery is longer than rib 121d die length, and is jugged out outside the edge combined with the torsion beam 102,103 of the mirror substrate 101. Although the fixed electrode 107,108 (drawing 10) for a drive and narrow gap by the side of the frame which partial 121ds of this rib was made into the ctenidium configuration, and was made into the same ctenidium configuration are separated, it counters and it works as a movable electrode for a drive, the die length of a part for the die length by the side of a movable electrode to have increased and a fixed electrode 107,108 is also increased. The thickness of a rib field is the same 60 micrometers as the torsion beam 102,103, and only the 30 micrometers of the other meat omission fields are thin rather than the torsion beam.

[0155] If grid-like rib 121g is prepared, mirror substrate deformation of the direction which intersects perpendicularly with the torsion beam 102,103, and an parallel direction can be controlled effectively, but since mirror substrate weight increases, driving torque (electrostatic force) required in order to acquire a required deflection angle also increases. Then, in this example, increase of driving torque is aimed at by extending the die length of rib partial 121es which acts as a movable electrode, and making a drive electrode surface product increase.

[0156] The light-scanning equipment in the 9th example of this invention is explained with reference to drawing 20. (a) of drawing 20 is the rear-face Fig. of a mirror substrate, and (b) is the B-B' line sectional view.

[0157] Since the overall configuration of the light-scanning equipment of this example is the same as that of said 5th example, illustration and explanation are omitted, and only the configuration about the stiffening rib 121 of the mirror substrate 101 which is the description of this example is explained.

[0158] Also in this example at the rear face of the mirror substrate 101 of the magnitude of 4mm** like the case of said 6th example as a stiffening rib 121 Although rib 121d which extends the torsion beam

102,103 and crosses the mirror substrate 101, and rib 121d which borders a mirror substrate periphery are prepared. Curvature is attached to a part for the intersection of each corner section of rib 121e, and rib 102e and rib 102e so that drawing 20 (a) may see. Since the part which added this curvature is a part which the stress by deformation of the mirror substrate at the time of vibration tends to concentrate, by adding curvature, stress concentration is eased and the crack initiation from that part stops being able to occur easily. In addition, the thickness of a rib field is the same 60 micrometers as the torsion beam 102,103, and only the 30 micrometers of the other meat omission fields are thin rather than the torsion beam. The light-scanning equipment in the 10th example of this invention is explained with reference to drawing 21. (a) of drawing 21 is the rear-face Fig. of a mirror substrate, and (b) is the B-B' line sectional view.

[0159] Since the overall configuration of the light-scanning equipment of this example is the same as that of said 5th example, illustration and explanation are omitted, and only the configuration about the stiffening rib 121 of the mirror substrate 101 which is the description of this example is explained.

[0160] Also in this example at the rear face of the mirror substrate 101 of the magnitude of 4mm** like the case of said 6th example as a stiffening rib 121. Although rib 121d which extends the torsion beam 102,103 and crosses the mirror substrate 101, and rib 121d which borders a mirror substrate periphery are prepared. It twists with rib 121e and curvature is attached to a part for an intersection with a beam 102,103 (connection section of the torsion beam 102,103 and the mirror substrate 101) so that drawing 21 (a) may see. Since this part is a part which the stress by deformation of the mirror substrate at the time of vibration tends to concentrate, by adding curvature, stress concentration is eased and the crack initiation from that part stops being able to occur easily. The thickness of a rib field is the same 60 micrometers as the torsion beam 102,103, and only the 30 micrometers of the other meat omission fields are thin rather than the torsion beam.

[0161] In addition, like said 9th example, curvature may be attached also to a part for the intersection of each corner section of rib 121e, and rib 102e and rib 102e, and, naturally such a mode is also included by this invention.

[0162] In the light-scanning equipment of each of said example, as typically shown in drawing 2222, the front face (near field in which the mirror side 115 is formed) of the mirror substrate 101, and the front face of the torsion beam 102,103 were made into the same field.

[0163] In the light-scanning equipment of the 11th example of this invention, as typically shown in drawing 23, it considers as physical relationship the front face of the mirror substrate 101 and whose core of the thickness direction of the torsion beam 102,103 correspond. Since a gap of the current beam position on the mirror side by torsion rotation of a mirror substrate stops arising by considering as such physical relationship, the scan location precision of a reflective beam improves.

[0164] In addition, the configuration of those other than this is the same as that of said each example, and is good. Moreover, although it is formed so that it may project also on the side front of the mirror substrate 101 like [e / which surrounds a mirror substrate periphery among stiffening ribs 121 / rib 121] illustration, it is not necessarily limited to this.

[0165] In addition, although not illustrated, the light-scanning equipment held in the reduced pressure container possessing the part which has the light beam deflected with the account mirror substrate in a means to drive said mirror substrate and this mirror substrate penetrated, and the terminal area for connection with a driving means is also contained in this invention.

[0166] The light-scanning equipment of this invention explained above is the optimal as light-scanning equipment for image formation equipments, such as a printer of a photograph printing method, and a copying machine. Next, an example of such image formation equipment is explained with reference to drawing 24.

[0167] In drawing 24, it is the photo conductor drum on which 301 offers equipment write-in [optical] and 302 offers the scan layer-ed of equipment 301 write-in [optical]. Equipment 301 write-in [optical] scans the front face (scan layer-ed) of the photo conductor drum 302 to the shaft orientations of this drum by 1 or two or more laser beams which were modulated by the record signal. A rotation drive is carried out in the arrow-head 303 direction, and the photo conductor drum 302 has an electrostatic latent

image formed in the front face charged in the live part 304 by carrying out light scanning by equipment 301 write-in [optical]. That is, the photo conductor drum 302 is electrostatic latent-image support at a wide sense. A toner image develops this electrostatic latent image in the development section 305, and this toner image is imprinted by the recording paper 307 in the imprint section 306. The recording paper 307 is fixed to the imprinted toner image by the fixing section 307. The surface part which passed the imprint section 306 of the photo conductor drum 302 is removed in a residual toner in the cleaning section 309. In addition, it replaces with the photo conductor drum 302, and it is clear for the configuration using a belt-like photo conductor to be also possible. Moreover, it is also possible to once imprint a toner image to a transfer medium, and to consider a toner image as the configuration which imprints on the recording paper and is fixed from this transfer medium.

[0168] The light source section 320 in which equipment 301 write-in [optical] emits 1 or two or more laser beams which were modulated by the record signal, The light-scanning equipment 321 of this invention explained in relation to 1st example thru/or the 11th, [said] The image formation optical system 322 for making the mirror side of the mirror substrate of this light-scanning equipment 321 carry out image formation of the laser beam from the light source section 320, It consists of scan optical system 323 for making the front face (scan layer-ed) of the photo conductor drum 302 carry out image formation of 1 or two or more laser beams which were reflected in respect of the mirror. Light-scanning equipment 321 is built into equipment 301 write-in [optical] in the form mounted in the circuit board 325 with the integrated circuit 324 for the drive.

[0169] Such equipment 301 of a configuration write-in [optical] has the following advantages. It is advantageous as mentioned above in respect of the stability of a laser beam configuration, and low-battery-izing of driver voltage, and also since the power consumption for a drive is small compared with a rotating polygon, the light-scanning equipment 321 by this invention is advantageous to power-saving of image formation equipment. Since it is small compared with a rotating polygon, the whizzing sound at the time of vibration of the mirror substrate of light-scanning equipment 321 is advantageous to an improvement of the silence of image formation equipment. Compared with a rotating polygon, there are few installation tooth spaces overwhelmingly, and it ends, and the calorific value of optical equipment 321 also comes out only, and for a certain reason, the miniaturization of equipment 301 write-in [optical] is easy for light-scanning equipment 321, therefore is advantageous to the miniaturization of image formation equipment.

[0170] In addition, since it is [that it is the same as that of conventional image formation equipment, and] good, the drive system of control means, such as a conveyance device of the recording paper 307, a drive of the photo conductor drum 302, the development section 305, and the imprint section 306, and the light source section 320 etc. is omitted among the Fig.

[0171] The perspective view and sectional view of an oscillating mirror chip in the 12th example of this invention are shown in drawing 25 . (a) of drawing 25 is the perspective view of the whole oscillating mirror chip, and (b) is the sectional view of a beam and a perpendicular direction in the center of an oscillating mirror chip.

[0172] The oscillating mirror chip in this example consists of some the movable electrodes 3008 and the movable electrode drawer pads 3009, the fixed electrodes 3010, and the fixed electrode drawer pads 3011 of the mirror substrate with which the mirror part 3001 and a frame 3002 join together, and are formed, a reinforced beam 3003, the torsion beam 3004, a supporter 3005, the thermal oxidation film 3006, a frame 3007, and a frame.

[0173] A mirror substrate consists of the frame 3002 which combined with the mirror part 3001 of the shape of a thin film containing a silicon nitride (SiN) thin film and the metal thin film 3012, and the mirror part 3001, and was formed in the rim of the mirror part 3001 with the silicon single crystal, and the reinforced beam 3003 which constructs a bridge in the inside of a frame 3002 in the same height as a frame 3002.

[0174] Here, the metal thin film 3012 and frame 3002 in the mirror part 3001 are in the opposite side mutually on both sides of a central silicon nitride thin film. The metal thin film 3012 has sufficient reflection factor to light, and the field of a frame 3002 and the opposite side is used for it as a mirror

side. Thus, since there is no frame on a mirror side when a mirror side is located in a frame and the opposite side, the whole surface of a mirror side can be used effective in reflection of a light beam, and loss of a light beam can be prevented.

[0175] Since the silicon nitride (SiN) thin film has tensile stress as internal stress, it can secure the surface smoothness of the mirror part 3001 which also includes the metal thin film 3012 in the inside of a frame 3002, especially a mirror side. Consequently, the configuration of the stable light beam can be acquired. Although the silicon nitride thin film is used as a mirror part 3001 here, it is also possible to use, the thin film, for example, the polycrystalline silicon thin film etc., of the others which have tensile stress as internal stress etc.

[0176] Moreover, as a description of this invention, since the mirror part 3001 is altogether formed with the thin film, even if it forms a large-sized mirror substrate, it is lightweight, therefore moment of inertia becomes small and can acquire a deflection angle with a big mirror substrate at the time of actuation of an oscillating mirror chip. Moreover, since the mirror part 3001 is held by a frame 3002 and the reinforced beam 3003, its rigidity as a mirror substrate is high, and it can obtain the shape of beam by which deformation of the mirror substrate at the time of actuation was stabilized few.

[0177] The mirror substrate is supported with two torsion beams 3004 near the center of a side face of the outside of a frame 3002. It combines with the location in the side face of the outside of a frame 3002 which counters mutually, and these two torsion beams 3004 are formed on the abbreviation same straight line so that the revolving shaft of the torsional oscillation of a mirror substrate may be included. At the time of actuation of an oscillating mirror chip, the mirror substrate supported by the torsion beam 3004 sets a revolving shaft as the torsion beam 3004, and carries out torsional oscillation, and the light beam irradiated by the mirror side of a mirror substrate from the beam light source is deflected.

[0178] As for the reinforced beam 3003 which constructs a bridge in the inside of a frame 3002, arranging on extension of the torsion beam 3004 is desirable. A mirror substrate becomes the symmetry to the revolving shaft of torsional oscillation at the time of actuation by twisting a reinforced beam 3003, arranging in the location on extension of a beam 3004, i.e., the same straight line, and carrying out to some revolving shafts of torsional oscillation. By this, a revolving shaft is stabilized at the time of actuation, deformation of the torsion beam 3004 direction of a frame 3002 is reduced, the unnecessary oscillation mode is suppressed and the stable shape of beam is obtained. Two torsion beams 3004 are formed by the frame 3002 and one with a silicon single crystal so that sufficient resistance may be acquired and moderate torsional rigidity may be acquired to repeat actuation of torsional oscillation. Furthermore, the height of the torsion beam 3004, width of face, and die length are appropriately designed based on torsional rigidity so that the resonance frequency as vibrator may serve as a desired value.

[0179] The resonance frequency f of the mirror substrate by the torsion beam can express the moment of inertia of k and a mirror substrate with a degree type for it, if a torsion elastic modulus is set to I .

$$f = 1 / (2\pi) \sqrt{k / I}$$

[0180] Here, the torsion elastic modulus k can express the width of face of a torsion beam with a degree type, if the die length of t and a torsion beam is set to L for the height of c and a torsion beam.

$$k = \beta t c^3 E / (L (1 + \nu))$$
 -- in addition, β is [Young's modulus and ν of a coefficient of sectional form and E] Poisson's ratios.

[0181] Moreover, moment-of-inertia I of a mirror substrate can express the weight of a mirror substrate with a degree type, if width of face (a torsion beam and direction which goes direct) of M and a mirror substrate is set to a .

$I = M a^2 / 12$ [0182] The above formula shows that a mirror substrate carries out the resonance drive of magnitude 1mmx4mm and the mirror substrate of 60 micrometers of board thickness by about 3kHz by supporting with cross-section 50micrometerx60micrometer and a beam with a die length of 500 micrometers.

[0183] The side which has not been combined with the frame 3002 of the torsion beam 3004 is combined with the supporter 3005 formed in one with the respectively same silicon, and this supporter 3005 is being fixed to the frame 3007 formed with silicon through the thermal oxidation film 3006. It is

formed by the low resistance silicon substrate with common frame 3002, reinforced beam 3003, torsion beam 3004, and supporter 3005 of these mirrors substrate, and aluminum thin film is formed in the front face of a supporter 3005 as a movable electrode drawer pad 3009. Here, altogether, coincidence formation is possible for the same height (thickness), then the same them, and a frame 3002, a reinforced beam 3003, and the torsion beam 3004 can manufacture an oscillating mirror chip by low cost.

[0184] The movable electrode 3008 of a ctenidium configuration is formed in the both-sides side of the direction of a revolving shaft by the torsion beam, and the direction which intersects perpendicularly at the frame of a mirror substrate. Thus, by making a movable electrode into the shape of a ctenidium, an electrode surface product can be increased and driving torque of the mirror substrate by electrostatic force can be enlarged. As a result, the deflection angle of a mirror substrate can be enlarged. Moreover, the movable electrode 3008 and minute spacing of a ctenidium configuration are separated, and the fixed electrode 3010 for a drive which is the same ctenidium configuration is formed independently with the movable electrode 3008 etc. The fixed electrode 3010 for the drive of this ctenidium configuration has countered in the form where it gears with the movable electrode 3008 of a ctenidium configuration. By a movable electrode 3008 and a fixed electrode 3010 countering, and being installed, electrode structure is easy, a manufacturing cost can be lowered and a mirror substrate can be driven efficiently. Moreover, the fixed electrode 3010 for a drive is formed by the low resistance silicon substrate, and is being fixed to the frame 7 formed with silicon through the thermal oxidation film 3006. Furthermore, aluminum thin film is formed in the front face of a fixed electrode 3010 as a fixed electrode drawer pad 3011.

[0185] Next, actuation of the oscillating mirror chip in the 12th example of this invention is explained using drawing 26. Since the movable electrode 3008 of the shape of a ctenidium formed in the frame is formed by the frame, the torsion beam, the supporter, and the common low resistance silicon substrate, it is the movable electrode drawer pad (3009 of drawing 25) and this potential which were formed in the supporter front face of a torsion beam. Moreover, it was fixed to the frame 3007 through the thermal oxidation film 3006, the fixed electrode 3010 for a drive formed by the low resistance silicon substrate got down, and two fixed electrode drawer pads 3011 in a fixed electrode 3010 are grounded here. By impressing an electrical potential difference to the movable electrode drawer pad in the front face of these movable electrodes 3008 at coincidence, respectively, electrostatic force is used between a movable electrode 3008 and a fixed electrode 3010. In addition, two movable electrode drawer pads in a movable electrode 3008 may be grounded drawing 26 and reversely, and an electrical potential difference may be impressed to the fixed electrode drawer pad 3011 in the front face of a fixed electrode 3010.

[0186] Drawing 26 (A) shows the initial state which is not impressing the electrical potential difference to the movable electrode drawer pad. With few [a configuration, internal stress etc.] asymmetry, from the horizontal position, although a mirror substrate is a minute amount of about several micrometers, it has initial displacement here. For this reason, the field where the movable electrode 8 formed in the mirror substrate and the fixed electrode 3010 formed through the thermal oxidation film 3006 on the frame are mutual and which counters is not standing it still so that in parallel, and it has countered in the direction of angle of torsion mutually with few variation rates.

[0187] By impressing an electrical potential difference to a movable electrode drawer pad, and using electrostatic force between such the movable electrodes 3008 of arrangement and fixed electrodes 3010, the direction where the field where a movable electrode 3008 and a fixed electrode 3010 counter mutually faces each other in parallel, i.e., a mirror substrate as shown in drawing 26 (B), twists toward the direction which becomes level to a fixed electrode, and it can carry out torsional oscillation centering on a beam (it is made to rotate).

[0188] The moment it raised applied voltage and the mirror substrate became level to a fixed electrode, if impression of an electrical potential difference is stopped, as shown in drawing 26 (C), a variation rate can be carried out to the location where initial displacement and the moment of rotation of the torsional rigidity of a beam and a mirror substrate at the opposite side balance according to the inertia of a mirror substrate. If an electrical potential difference is again impressed to the movable electrode 3008 for a drive here, by the electrostatic attraction between a movable electrode 3008 and a fixed electrode 3010,

and the torsional rigidity of a beam, a mirror substrate will rotate to hard flow, and as shown in D, it will be displaced even in a location again level to a fixed electrode.

[0189] By twisting the drive frequency of the movable electrode 3008 for this drive with a mirror substrate, and setting it as the resonance frequency of a beam, a deflection angle with a big mirror substrate can be acquired. Since deformation of a mirror substrate is reduced by the reinforced beam 3003 prepared in the rear face of the mirror part 1 at this time, the beam reflected in the mirror part 1 cannot be reflected irregularly, but the stable scan shape of beam can be obtained.

[0190] Next, the top view and sectional view of an oscillating mirror chip in the 13th example of this invention are shown in drawing 27. If the oscillating mirror chip in this example removes the structure of a mirror part, it is the same structure as the 12th example. the frame 3002 formed with the silicon single crystal which combines a mirror substrate with the mirror part 3001 formed with the thermal oxidation film 3006 silicon-nitride thin film 3013, and the mirror part 3001 -- since -- it changes. The bridge is constructed over the inside of the frame 3002 formed in the rim of the mirror part 3001 by the reinforced beam 3003. Moreover, the metal thin film 3012 which has sufficient reflection factor to the light to be used is formed in the side in which the frame 3002 and reinforced beam 3003 of the mirror part 3001 are not formed as a mirror side. The mirror substrate is supported with two torsion beams 3004 near the center of a side face of the outside of a frame 3002. It combines with the location in the side face of the outside of a frame 3002 which counters mutually, and these two torsion beams 3004 are formed on the same straight line so that it may become the revolving shaft of the torsional oscillation of a mirror substrate. It is desirable that the reinforced beam 3003 which constructs a bridge furthermore also arranges the inside of a frame 3002 in the location on the same straight line as the torsion beam 3004.

[0191] Similarly the side which has not been combined with the frame 3002 of the torsion beam 3004 is combined with the supporter 3005 formed in one with silicon, respectively, and this supporter 3005 is being fixed to the frame 3007 formed with silicon through the thermal oxidation film 3006. The metal thin film 3012 is formed in the front face of a supporter 3005 as a movable electrode drawer pad 3009, and it is in it. The movable electrode 3008 of a ctenidium configuration is formed in the both-sides side of the direction of a revolving shaft by the torsion beam, and the direction which intersects perpendicularly at the frame 3002 of a mirror substrate. Moreover, the movable electrode 3008 and minute spacing of a ctenidium configuration are separated, and the fixed electrode 3010 for a drive which is the same ctenidium configuration is formed. The fixed electrode 3010 for the drive of this ctenidium configuration has countered in the form where it gears with the movable electrode 3008 of a ctenidium configuration. Moreover, the fixed electrode 3010 for a drive is formed by the low resistance silicon substrate, and is being fixed to the frame 3007 formed with silicon through the thermal oxidation film 3006. Furthermore, the metal thin film 3012 is formed in the front face of a fixed electrode 3010 as a fixed electrode drawer pad 3011.

[0192] Here, although the mirror part 3001 was formed in the 12th example by the monolayer of a silicon nitride thin film which has tensile stress as internal stress, the silicon nitride thin film 3013 is formed at the mirror side side the side in which the mirror part 3001 in the 13th example consists of two-layer film of the thermal oxidation film 3006 and the silicon nitride thin film 3013, and the frame 3002 of a mirror substrate and a reinforced beam 3003 have the thermal oxidation film 3006. In case the thermal oxidation film 3006 etches silicon, its selection ratio is greatly convenient as an etching halt layer. Since the thermal oxidation film 3006 usually has compressive stress as internal stress, if it is used as monolayer, it is buckled, and it becomes impossible however, to secure the surface smoothness as a mirror side. Then, it is adjusting so that the stress of the whole film may turn into tensile stress by forming membranes combining the thermal oxidation film 3006, and using as the bilayer film the silicon nitride thin film 3013 which has tensile stress as internal stress. Thus, also including the metal thin film 3012, by forming the mirror part 3001 as multilayers, the thin film which has two or more various functions can be utilized, and a mirror part can be designed. Moreover, the freedom of the design in the structure and the process of the mirror part 1 is high, and can produce a highly efficient oscillating mirror chip. Here, the structure of the oscillating mirror chip in this example using the thermal oxidation

film 3006 as an etching halt layer is more easy a process, and since it is thought that it is advantageous also in cost, the manufacture approach of the oscillating mirror chip in this example is explained below using drawing 28 and drawing 29.

[0193] The SOI (Silicon on Insulator) wafer was used for manufacture of the oscillating mirror chip in the 13th example of this invention. In a SOI wafer, a lower thick wafer is made below to call the base wafer 3014 and an upper thin wafer the bond wafer 3015 through the thermal oxidation film 3006. The base wafer 3014 used as a frame is a wafer (100) of 525 micrometers in thickness, and inside resistance, and used 60 micrometers in thickness, and the wafer (100) of low resistance for the bond wafer 3015 used as a frame, a reinforced beam, a torsion beam, a supporter, a movable electrode, and a fixed electrode. Moreover, thickness of the thermal oxidation film 3006 among both wafers was set to 500nm. In addition, the thickness of a bond wafer was set up according to the design value of the resonance frequency of a mirror substrate and a torsion beam. Moreover, after an above-mentioned SOI wafer contacts the fully defecated silicon wafer of two sheets in a reduced pressure ambient atmosphere through the thermal oxidation film and it carries out temporary junction, at an elevated temperature 1000 degrees C or more, actual junction can be carried out and it can be produced heat treatment and by grinding a top wafer to desired thickness.

[0194] it is first shown in drawing 28 (a) -- as -- both sides of this SOI wafer -- LP-CVD (reduced pressure gaseous-phase chemical deposition) -- the silicon nitride thin film 3013 with a thickness of 1000A was formed by law. In case the thin film formed here removes all base wafers with a thickness of 525 micrometers by the anisotropic etching by the KOH solution, the silicon nitride thin film 3013 which has resistance sufficient as an etching mask is used for it. The thermal oxidation film 3006 with a thickness of about 1 micrometer generally used for anisotropic etching is not suitable as a mask at the time of an etch rate etching silicon deeply in this way as compared with the silicon nitride thin film 3013, since it is large.

[0195] Next, patterning of this silicon nitride thin film 3013 is carried out by the dry etching using a resist mask, and etching removal of the field which forms the mirror part 3001 and a torsion beam part is carried out. Under the present circumstances, a silicon wafer (100) is etched in the 54.7-degree direction to which it inclined the degree of angle to the field of an etching mask in which the silicon nitride thin film 3013 is formed. After taking into consideration that the field of the bond wafer which finally remains turns into a field inside a mask pattern for this reason, it is necessary to design the pattern of an etching mask.

[0196] Next, as shown in drawing 28 (b), etching removal is carried out until it reaches the thermal oxidation film 3006 in the base wafer 3014 in the anisotropic etching by the KOH solution of 30 mass % which carried out the temperature up to 85 degrees C by using as an etching mask the silicon nitride thin film 3013 by which patterning was carried out. At this time, since the etch rate to a KOH solution is slow as compared with silicon, the thermal oxidation film 6 can be used as an etching halt layer. The silicon diaphragm 3016 which consists of a bond wafer 3015 with a thickness of 60 micrometers which used the base wafer 3014 as the frame 3007 by this is formed, and a mirror substrate, a torsion beam, and a ctenidium electrode are formed in this silicon diaphragm 3016 part at future processes.

[0197] Next, as shown in drawing 28 (c), the silicon nitride thin film 3013 with a thickness of 1000A is again formed with LP-CVD method, and aluminum thin film with a thickness of 1000A is further formed as a mirror side by the spatter. Although the thermal oxidation film 3006 will be used as a mirror part 3001 of a thin film, since the thermal oxidation film 3006 generally has compressive stress as internal stress, if it is made monolayer, a buckling will produce it. Moreover, the metal thin film which generally formed membranes by the spatter also has compressive stress. For this reason, the silicon nitride thin film 30013 is formed together with the thermal oxidation film 3006, and the compressive stress of the thermal oxidation film 3006 and the metal thin film 3012 is negated, and it is made for the internal stress as the whole multilayers which consists of the silicon nitride thin film 3013, thermal oxidation film 3006, and a metal thin film 3012 to turn into tensile stress with the tensile stress as internal stress of the silicon nitride thin film 3013. That is, the silicon nitride thin film 3013 can adjust the stress of the whole multilayers easily as stress accommodation film here. Moreover, although

aluminum was formed as a metal thin film 3012 here, if it is the metal thin film with which required sufficient reflection factor is obtained to the laser beam to be used, other ingredients, such as Au, are usable. Moreover, although the sputter was used as the membrane formation approach, membranes may be formed by other approaches, such as vacuum evaporation technique and the ion plating method.

[0198] Next, as shown in drawing 28 (d), etching removal of silicon nitride thin films 3013 other than the field which carries out patterning of the resist to the field which forms the mirror part 3001 of the bond wafer 3015, and forms the mirror part 3001 of the bond wafer 3015 in it by using this resist as a mask, the thermal oxidation film 3006, and the metal thin film 3012 of aluminum is carried out by dry etching, and the mirror part 3001 which consists of the silicon nitride thin film 3013, thermal oxidation film 3006, and a metal thin film 3012 of aluminum is formed.

[0199] Next, as shown in drawing 29 (e), patterning of the mirror part 3001 of a bond wafer and the silicon nitride thin film 3013 of the opposite side is carried out to the configuration of a frame, a beam, the reinforcement section, and minute spacing by dry etching with a resist mask.

[0200] As furthermore shown in drawing 29 (f), the etch rate performed penetration etching with a thickness of 60 micrometers to a mirror substrate and the silicon of the perimeter by using a resist / nitrogen-ized silicon thin film as a mask using the large, high dry etching system of an anisotropy. At this time, etching of a mirror substrate stops by the thermal oxidation film 3006 in the mirror part formed by drawing 28 (d).

[0201] In order to remove a part of two fixed electrode front faces finally by the dry etching which used the mask of the nitrogen-ized silicon thin film 3013, to form aluminum thin film by the sputter using a mask on the front face of the obtained silicon substrate and to lower resistance with a fixed electrode and a substrate, 400-degree C heat treatment is performed and the electrode drawer pads 3009 and 3011 are formed. Although aluminum thin film is used as an electrode material here, otherwise conductivity is high, and as long as adhesion with silicon is securable, other ingredients, such as Au and Ti, may be used. Moreover, membranes may be formed as the membrane formation approach by other approaches, such as not only a sputter but vacuum deposition, the ion plating method, etc.

[0202] The top view and sectional view of an oscillating mirror chip in the 14th example of this invention are shown in drawing 30. If the oscillating mirror chip in this example removes the structure of a mirror part, it is the same structure as the 13th example. the frame and reinforced beam which were formed with the silicon single crystal which a mirror substrate changes into an elongation condition the mirror part 3001 formed with the thermal oxidation film 3006 and the silicon nitride thin film 3013, and the mirror part 3001, and is combined with the mirror part 3001 -- since -- it changes. The reinforced beam (not shown) which constructs a bridge in the inside of the frame (not shown) formed in the rim of the mirror part 3001 and a frame is in the same height. Moreover, the metal thin film 3012 which has sufficient reflection factor to the light to be used is formed in the side in which the frame in the front face of the mirror part 1 and a reinforced beam are not formed as a mirror side. The mirror substrate is supported with two torsion beams 3004 near the center of a side face of the outside of a frame. It combines with the location in the side face of the outside of a frame which counters mutually, and these two torsion beams 3004 are formed on the same straight line so that it may become the revolving shaft of the torsional oscillation of a mirror substrate. It is desirable that the reinforced beam which constructs a bridge furthermore also arranges the inside of a frame in the location on the same straight line as the torsion beam 3004. Similarly the side which has not been combined with the frame of the torsion beam 3004 is combined with the supporter 3005 formed in one with silicon, respectively, and this supporter 3005 is being fixed to the frame 3007 formed with silicon through the thermal oxidation film 3006. The metal thin film 3012 is formed in the front face of a supporter 3005 as a movable electrode drawer pad 3009, and it is in it. The movable electrode 3008 of a ctenidium configuration is formed in the frame of a mirror substrate in the both-sides side of the direction of a revolving shaft by the torsion beam 3004, and the direction which intersects perpendicularly. Moreover, the movable electrode 3008 and minute spacing of a ctenidium configuration are separated, and the fixed electrode 3010 for a drive which is the same ctenidium configuration is formed. The fixed electrode 3010 for the drive of this ctenidium configuration has countered in the form where it gears with the movable electrode 3008 of a ctenidium

configuration. Moreover, the fixed electrode 3010 for a drive is formed by the low resistance silicon substrate, and is being fixed to the frame 3007 formed with silicon through the thermal oxidation film 3006. Furthermore, the metal thin film 3012 is formed in the front face of a fixed electrode 3010 as a fixed electrode drawer pad 3011.

[0203] Here, in the 13th example, although the mirror part 3001 is formed in the frame 3007 side of a mirror substrate, the mirror part 3001 in this example is formed in the frame 3007 and the opposite side of a mirror substrate. Since the fundamental manufacture approach is the same as the 13th example, explanation of the manufacture approach is omitted here. Thus, since the structure arranged by arranging the mirror part 3001 to a frame 3007 and the opposite side more nearly up than the mirror side of the mirror part 3001 is lost, the degree of freedom on an optical design becomes high.

[0204] The top view of the oscillating mirror chip in the 15th example of this invention is shown in drawing 31. If the oscillating mirror chip in this example removes the structure of the reinforced beam 3003 in a mirror substrate, it is the same structure as the 13th example. Therefore, only the structure of a reinforced beam 3003 is explained here. In the 13th example, the reinforced beam 3003 which constructs a bridge the inside of a frame The reinforced beam 3003 which constructs a bridge the inside of the frame 3002 in this example to being mostly arranged with the torsion beam 3004 in the location on the same straight line It constructs a bridge and arranges near the center section of the side face of a frame 3002 in which the ctenidium electrode 3017 which faces mutually is formed in the direction which intersects perpendicularly with the revolving shaft of the rectangular direction, i.e., torsional oscillation, mostly the extension top of the torsion beam 3004. The oscillating mirror chip of this example can be manufactured like the 13th example by changing the pattern of a reinforced beam 3003. By arranging like this operation of a reinforced beam 3003, the part of the ctenidium electrode 3017 can be supported by the reinforced beam 3003 at the time of actuation of the oscillating mirror chip of this invention, deformation of the hand of cut of a mirror side can be reduced, and the stable shape of beam can be obtained.

[0205] moreover, as the 16th example, as shown in drawing 32, the inside of a frame 3002 as a reinforced beam which constructs a bridge The torsion beam 3004 and the reinforced beam 3003 arranged in the direction which met mostly the location on the same straight line, i.e., the revolving shaft of torsional oscillation, The mirror substrate having the reinforced beam 3003 constructed for which a bridge and arranged in near the center section of the frame side face in which the ctenidium electrode 3017 which faces mutually is formed in the direction which intersects perpendicularly with the torsion beam 3004 with the revolving shaft of the rectangular direction, i.e., torsional oscillation, mostly is also producible. Thus, it is desirable to prepare the reinforced beam which is axial symmetry also to the shaft which is axial symmetry, passes along the core of the revolving shaft to the revolving shaft of torsional oscillation, and intersects perpendicularly with the revolving shaft. As long as the reinforced beam 3003 prepared inside a frame fulfills the symmetric property of the above arrangement, they may be a direction parallel to the torsion beam 3004, or not only a perpendicular direction but the torsion beam 3004, and the leaning direction (direction to which it inclined to the revolving shaft of torsional oscillation). Since deformation can be equally reduced for the time of actuation into the whole mirror part if such a beam is prepared, the stable shape of beam can be obtained.

[0206] As furthermore shown in drawing 33 as the 17th example, it has the reinforced beam 3003 constructed for which a bridge and arranged in near the center section of the frame side face in which the ctenidium electrode 3017 which faces mostly mutually the torsion beam 3004, the reinforced beam 3003 arranged mostly in the location on the same straight line, and the torsion beam 3004 in the rectangular direction as a reinforced beam which constructs a bridge in the inside of a frame 3002 is formed. Each corner of the part which the inside, the frame 3002, and reinforced beam 3003 of a frame 3002 intersect, or the part where a reinforced beam 3003 crosses mutually is formed in the curved surface here. Thus, if the part of the corner of a frame 3002 and a reinforced beam 3003 is a curved surface, since the stress concentration to the part of a corner can be eased, breakage of a mirror substrate can be reduced at the time of actuation of an oscillating mirror chip, or handling.

[0207] The sectional view of the oscillating mirror chip in the 18th example of this invention is shown

in drawing 34 . In the oscillating mirror chip in this example, if the structure of the reinforced beam 3003 in a mirror substrate is removed, it is the same structure as the 13th example. Therefore, only the structure of a reinforced beam 3003 is explained here.

[0208] As opposed to both the frame 3002 and the reinforced beam 3003 being joined to the rear face of the mirror part 3001, since the height of the reinforced beam 3003 which constructs a bridge in the inside of a frame was in agreement with the height of a frame 3002 in the 13th example Rather than the frame 3002, height (thickness) is low (thinly) and the height (thickness) of the reinforced beam 3003 which constructs a bridge is isolating the inside of the frame 3002 in this example with the mirror part 3001. Thereby, since the mirror part 3001 covered the whole surface mostly and has been independent of a reinforced beam 3003 while a frame 3002 fully maintains rigidity by the reinforced beam 3003, most mirror parts do not have distortion and, as for a mirror side, profile irregularity with high surface smoothness is acquired.

[0209] The sectional view of the oscillating mirror chip in the 19th example of this invention is shown in drawing 35 . the oscillating mirror chip in this example -- the mirror part 3001 -- the height of a frame 3002 -- it is arranged mostly at the mid gear. therefore, the height of a reinforced beam 3003 -- about [of the height of a frame 3002] -- it is one half. Since the height of a frame 3002 is the same as the height of the torsion beam 3004, it serves as arrangement by which the medial axis of the torsion beam which is a revolving shaft passes along a mirror part by this example to having vibrated in the location from which the core of the mirror part 3001 separated only the distance equivalent to the one half of the height of a frame 3002 in other examples. Therefore, a mirror part will vibrate to the circumference of the revolving shaft of the torsional oscillation in a mirror part, and an optical design becomes easy.

[0210] Drawing 36 is the perspective view showing an example of the light-scanning module with which the light-scanning equipment by this invention is equipped. It consists of a silicon substrate with a thickness of 60 micrometers, and the mirror substrate 3020 which carries out torsional oscillation penetrates those perimeters, and it dissociates from a frame part and it forms the torsion beam 3004 which supports a mirror part and a mirror part to revolve by etching. The both-sides part of the mirror part which counters on both sides of the torsion beam 3004 forms irregularity in the shape of a ctenidium, and the frame part side is also formed in irregularity so that it may gear with those ctenidia. Moreover, the background of the mirror side of a mirror part has left the beam in the shape of a rib, carries out the thinning of the mirror part from the background of a mirror side to 5 micrometers by etching, and is attaining lightweight-ization. Metal coats, such as Au, are vapor-deposited by the concave heights by the side of a mirror part and a frame part, and the concave heights by the side of a movable electrode 3008 and the frame part which counters are used as the fixed electrode 3010 for the concave heights of the both ends of a mirror part at them. A mirror part produces electrostatic force between the movable electrodes 3008 which will counter if an electrical potential difference is impressed to one side of a fixed electrode 3010, can twist the torsion beam 4, causes rotation of a minute angle, and it carries out torsional oscillation by impressing an electrical potential difference to each electrode by turns. Here, if the frequency of applied voltage is brought close to the resonance frequency of a mirror part, the amplitude is expandable with resonance. At this example, width of face of 4 micrometers and a torsion beam is set to 60 micrometers, the diameter of a mirror is set to 4x2mm, and resonance vibration of the inter-electrode minute spacing is carried out by 2.5kHz. In addition, the periphery length of the mirror substrate 3020 is lengthened as much as possible, and the area of an electrode is made to increase by making an electrode into the shape of a ctenidium. Thereby, electrostatic bigger torque is acquired by impression of a low battery. A frame consists of a 525-micrometer silicon substrate, and it is joined to the above-mentioned mirror substrate through the insulator layer, and it can penetrate and a center section can look into the mirror substrate 3020. On a frame, from a plane of composition with the mirror substrate 3020, the 1st reflective component 3021 which has the reflector leaned about 26 degrees, and the 2nd reflective component 3022 which has the reflector leaned about 9 degrees similarly counter mutually, and joins on both sides of minute spacing which a light beam passes, and the roof-like opposite mirror is formed. the above-mentioned reflective components 3021 and 3022 -- each crystal-face bearing (110) -- and (111) -- from -- it consists of a

silicon substrate which leaned 9-degree slice include angle, a field (111) is exposed by etching, and the (111) field is made into the plane of composition of each mirror chip and a frame. The bottom plate section 3026 and the plinth section 3025 which has an angle hole 3030 in the center are really fabricated with sintered metals, such as Fe, etc., two or more terminals 3027 penetrate a support base through an insulating material, and it is held. It joins to the plinth section 3025, the frame 3007 piled up on the mirror substrate 3020 is held, and the above-mentioned angle hole 3030 serves as space which the mirror substrate 3020 rocks. Connection of the electrode drawer pad is carried out to the upper limit of each terminal 3027 by wire bonding. A module is fixed to the circuit board, while a module dashes the base of the bottom plate section of a support base against the circuit board, and is mounted, the lower limit of a terminal 3027 is inserted in the through hole of the circuit board and the electric connection by soldering is made. Moreover, it is equipped with the box lid-like covering 3029 with which the aperture 3028 which a light beam passes was formed, and the interior is filled with inert gas in the rim of the plinth section 3025, and the closure is carried out to it. In addition, by choosing the low gas of a viscous drag as inert gas, or making the interior into a reduced pressure condition, in case an oscillating mirror chip is closed by 3029 with a support base and covering, since the mirror substrate 3020 can be vibrated more by the low load, the deflection angle of a mirror substrate can be enlarged.

[0211] Next, the sectional view of an above-mentioned light-scanning module is shown in drawing 37. Including the revolving shaft of the mirror substrate 3020, to the normal of a component side, a light beam passes through an aperture 3028 and a through hole, and carries out incidence of the inside of a field perpendicular to a component side (inside of a vertical-scanning cross section) to the mirror substrate 3020 by whenever [about 20-degree incident angle]. It is reflected after that in the 1st reflective component reflector 3023, and incidence of the light beam deflected in respect of the mirror of the mirror substrate 3020 is again carried out to the mirror side of the mirror substrate 3020, and then it is reflected in the 2nd reflective component reflector 3024. Reflection is repeated, moving the location in a vertical-scanning cross section between the 2nd reflective component reflector 3024 and the mirror side of the mirror substrate 3020 (drawing 37 of this example 3 times of repeats), and it passes through a through hole, and injects at the include angle of 20 degrees to an incident ray and the opposite side to the normal of an incident ray and the include angle of about 40 degrees, i.e., a component side.

[0212] At this example, even if the deflection angle of the mirror side of the mirror substrate 3020 is small, the scan angle with a big light beam is made to be acquired by carrying out the multiple echo of the light beam in respect of the mirror of the mirror substrate 3020 in this way. That is, if the mirror side of the mirror substrate 3020 inclines by torsional vibration, the multiple echo of the light beam is carried out to a revolving shaft and a perpendicular direction, and whenever [angle-of-reflection / of a light beam] increases, whenever it is reflected. It becomes so large that there are many counts which the scan angle θ which is the include angle of the light beam to inject when the deflection angle of N and the mirror substrate 3020 is set to α is $2N\alpha$, and reflect the total count of reflection in the mirror side of the mirror substrate 3020 here. Since the total count of reflection of a light beam [in / the case of this example shown in drawing 37 / at a 5 -degree deflection angle / the mirror side of the mirror substrate 3020] is 5 times, 50 degrees of scan angles are acquired.

[0213] Drawing 38 shows the light-scanning equipment which used the above-mentioned light-scanning module. According to the scanning direction of a laser beam, the sequential array of the light-scanning module 3031 is carried out on the circuit board 3032 in which the drive circuit of semiconductor laser and the drive circuit of the mirror substrate of an oscillating mirror chip are formed. Moreover, in each light-scanning module 3031, the sensor is arranged on the circuit board 3032 at the scan initiation side of a light beam. The optical system which scans a laser beam to each light-scanning module 3031 consists of semiconductor laser 3033, a coupling lens 3034 and the 1st lens 3035 that constitutes scan optical system, and the 2nd lens 3036. In housing, it is arranged and the 1st lens 3035 and the 2nd lens 3036 are fixed so that the side face of each lens may become parallel to the field which an optical axis is respectively in agreement in a vertical-scanning cross section including the revolving shaft of the mirror substrate of the light-scanning module 3031, and a laser beam scans. Connection of the lead terminal is carried out for semiconductor laser 3033 to the circuit board 3032 by the flexible cable using the

general-purpose component into which the source of luminescence and the photodiode for monitors are built. The circuit which manages modulation control of semiconductor laser 3033, the circuit which impresses a driving pulse electrical potential difference to the fixed electrode in an oscillating mirror chip are formed in the circuit board 3032. The laser beam injected from semiconductor laser 3033 becomes the focusing flux of light which converges in the direction perpendicular to the scanning direction of a laser beam to the abbreviation parallel flux of light in respect of the mirror of an oscillating mirror chip in the scanning direction of a laser beam with the coupling lens 3034 which is the cylinder side where the 1st page has the aspheric surface of axial symmetry in the direction of a vertical scanning, and the 2nd page has curvature. Incidence of the laser beam is carried out to a light-scanning module through an incidence mirror, and it is deflected and scanned and is injected by the oscillating mirror chip. Image formation of the injected laser beam is carried out by above-mentioned scan optical system on a scan layer-ed, and image recording is made. a synchronous mirror arranges just before the 2nd lens 3036 -- having -- the light beam by the side of scan initiation -- reflecting -- a sensor -- setting - the include angle of the mirror side of an oscillating mirror chip -- a variation rate is detected and a synchronizing signal is generated. Based on this synchronizing signal, with time amount, the modulating signal which put pixel data is given to each semiconductor laser 3033 by LD mechanical component, and it is turned on and off by the pulse train which changes within the scan whose frequency is 1 time. [0214] Since the mirror part of the oscillating mirror chip in a light-scanning module has the mirror side here in the side and the opposite side where a frame is combined, there is no distortion of a mirror side when it is made to reflect a light beam in the part of a mirror side where the reinforced beam which constructs a bridge has not combined the inside of a frame and a frame with a mirror part, and a light beam reflects in the high part of surface smoothness, the stable shape of beam can be obtained and it is desirable.

[0215] Drawing 39 shows an example of image formation equipment which used above-mentioned light-scanning equipment. The toner cartridge 3044 which supplies a toner to the developing roller 3043 which adheres and develops the toner charged in the electrostatic latent image recorded on the perimeter of the photo conductor drum 3041 which is the scan layer-ed of a laser beam by the electrification charger 3042 charged in high pressure in a photo conductor and light-scanning equipment 3040, and a developing roller, and the cleaning case 3045 which carries out the scraping stockpile of the toner which remained in the drum are arranged. To a photo conductor drum, a main scanning direction is divided as mentioned above, and latent-image record is performed. the detail paper is supplied by the feed koro 3047 from a medium tray 3046 -- having -- a resist roller pair -- it is sent out by 3048 according to the timing of the recording start of the direction of vertical scanning, in case a photo conductor drum is passed, a toner is imprinted by the imprint charger 49, and it is established with a fixing roller 3050, and is discharged by the paper output tray 3052 with the delivery roller 3051. The image based on pixel data as mentioned above can be formed in the detail paper.

[0216] As mentioned above, although the example of this invention was explained, this invention is not limited only to the configuration of these examples, and various deformation is allowed.

[0217]

[Effect of the Invention] As explained above, its mirror substrate is large, and since claim 1 thru/or 7, and light-scanning equipment according to claim 9 to 23 suppress deformation of a mirror substrate and can maintain the surface smoothness of a mirror side even if board thickness becomes thin, the shape of beam and light scanning by which the focal location was stabilized are possible for them. Furthermore, light-scanning equipment according to claim 2 excels [degree of freedom / of the shape of beam which can use the whole mirror side surface since it is usable] in versatility greatly. Furthermore, pressing [whether the increment in the moment of inertia of a mirror substrate can be performed, and] down light-scanning equipment according to claim 3, it can control effectively deformation of a part far from the beam of the mirror substrate which is the easiest to produce deformation, and can really form the reinforcement section easily with a mirror substrate according to a semi-conductor process. Furthermore, light-scanning equipment according to claim 4 also controls torsion deformation of a mirror substrate effectively, and light scanning in the still more stable shape of beam of it becomes possible, and it can

really form the reinforcement section easily with a mirror substrate according to a semi-conductor process. Furthermore, light-scanning equipment according to claim 5 raises the bond strength of a beam and a mirror substrate, and can improve the dependability of equipment. Furthermore, light-scanning equipment according to claim 6 can make the area of a movable electrode able to increase, and can lower the driver voltage of a mirror substrate. Furthermore, light-scanning equipment according to claim 7 can make moment of inertia of a mirror substrate small, and can attain low-battery-ization of driver voltage. Light scanning in the shape of beam which could maintain surface smoothness, without distort the monotonous section also at the time of vibration only at the time of quiescence since rigidity was maintainable, lightweight-ize a mirror substrate according to rib structure while reinforcement is high and excel in endurance, since it really consisted of shaping, cover light scanning equipment according to claim 9 over moving part from a supporter, therefore was always stabilized becomes possible. Since light-scanning equipment according to claim 10 can raise the location precision of the medial axis of vibration with the rib which can suppress effectively deformation of the direction and the parallel direction which intersect perpendicularly with a torsion beam, extends a torsion beam further, and penetrates a mirror substrate with the rib which trims a mirror substrate at the time of vibration, the stable scan shape of beam can be obtained. Since the whole mirror side surface can be used for light-scanning equipment according to claim 11, the degree of freedom of the shape of beam which can be used is large, and its versatility is high. Since a rib is arranged in the direction which inertial force hears greatly at the time of vibration, light-scanning equipment according to claim 12 can reduce deformation of a mirror substrate more effectively, and can obtain the stable scan shape of beam. Since a rib is arranged by the shortest die length in the direction which inertial force hears greatly at the time of vibration and light-scanning equipment according to claim 13 can suppress the increment in weight of the mirror substrate by this rib to the minimum, it can make reduction of a deflection angle min. Since light-scanning equipment according to claim 14 can make smaller deformation of the mirror substrate of the direction which intersects perpendicularly with a torsion beam, and an parallel direction, can be strong also to torsion deformation of a mirror substrate, and can obtain the stable scan shape of beam and can suppress the increment in weight of a mirror substrate to the minimum, it can make reduction of a deflection angle min. Light-scanning equipment according to claim 15 can obtain the scan shape of beam which vibration by which the mirror substrate was stabilized was obtained since the center of gravity of a mirror substrate came on a revolving shaft, therefore was stabilized. The scan shape of beam which the stable vibration also with little deformation of the direction of a beam of a mirror substrate was obtained, and was stabilized more by light-scanning equipment according to claim 16 since the center of gravity of a mirror substrate came to the core of the direction of a revolving shaft on a revolving shaft can be obtained. Since light-scanning equipment according to claim 17 or 18 can ease the stress concentration by deformation of the mirror substrate at the time of vibration and can reduce crack initiation, its endurance improves. The location gap of light-scanning equipment according to claim 19 at the time of torsion rotation of the beam irradiated by the mirror side is lost, and its scan location precision of a reflective beam improves. light-scanning equipment according to claim 20, 21, or 22 -- an electrode surface product -- **** -- since it can hear, electrostatic torque is made to increase, without raising driver voltage, and the deflection angle of a mirror can be enlarged. To a structural material, since there are few defects, dependability and endurance of according to claim 23 light-scanning equipment improve, and since processing is easy, it is excellent also in cost. Moreover, since the viscous drag of mirror oscillating space becomes small, light-scanning equipment according to claim 26 can acquire a big deflection angle by small driving torque. Moreover, it is excellent in the field of power consumption and silence compared with equipment write-in [optical] which uses a rotating polygon while light scanning in the stable shape of beam is possible for equipment [according to claim 27] write-in [optical]. Moreover, image formation equipment according to claim 28 is excellent in light scanning in the field of power consumption and silence compared with the configuration which uses a rotating polygon while it scans a photo conductor by the stable shape of beam and can form the electrostatic latent image of good quality on a photo conductor. Moreover, according to the manufacture approach according to claim 8, since the mirror substrate and the reinforcement section of light-scanning

equipment according to claim 1 to 7 can really be fabricated using a semi-conductor process, manufacture by low cost is attained in the light-scanning equipment in which light scanning is possible in the light beam configuration stabilized by suppressing deformation of a mirror substrate and maintaining the surface smoothness of a mirror side. Moreover, according to the manufacture approach according to claim 24, since the moving part of light-scanning equipment is really formed, reinforcement can realize the light-scanning equipment which was highly excellent in endurance. since the manufacture approach according to claim 25 is easy the production process, it is advantageous in cost -- etc. -- the effectiveness of ** can be acquired.

[0218] Moreover, according to invention according to claim 29 to 19, a mirror substrate is large-sized and lightweight, and sways, an angle is large, and deformation of the mirror substrate at the time of actuation can be reduced, and a light-scanning module equipped with the oscillating mirror chip which can obtain the stable shape of beam, and this oscillating mirror chip, light-scanning equipment, and image formation equipment can be offered, and the manufacture approach of an oscillating mirror chip [that it is easy and low cost] can be offered.

[Translation done.]

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.